

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra biologie**

**Personalita živorodky duhové  
(*Poecilia reticulata*)**

**Diplomová práce**

**Autor:** Bc. Kateřina Kvasničková

**Studijní program:** N1501 - Biologie

**Studijní obor:** Systematická biologie a ekologie

**Vedoucí práce:** Mgr. et Mgr. Martina Karásková,  
Katedra zoologie Přírodovědecké fakulty  
Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích

Hradec Králové

květen 2017

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

## Zadání diplomové práce

<b>Autor:</b>	<b>Bc. Kateřina Kvasničková</b>
Studijní program:	N1501 - Biologie
Studijní obor:	Systematická biologie a ekologie
Název práce:	Personalita živorodky duhové ( <i>Poecilia reticulata</i> ): chování ve dvou behaviorálních testech
Název práce v AJ:	Personality in the Guppy ( <i>Poecilia reticulata</i> ): behavior in two behavioral tests
Cíl a metody práce:	Diplomová práce navazuje na problematiku bakalářské práce. Zabývá se personalitou živorodky duhové ( <i>Poecilia reticulata</i> ) ve dvou behaviorálních testech: open field testu a predator testu. Cílem je zjistit behaviorální syndrom a behaviorální typ testovaného jedince. Pro určení personality je důležitá stálost odpovědí, a tak byl kladen důraz na zjištění stability chování jedince v čase a různých situacích.
Garantující pracoviště:	Katedra biologie Přírodovědecké fakulty UHK
Vedoucí práce:	Mgr. et Mgr. Martina Karásková
Oponent:	Doc. RNDr. František Sedláček, CSc.
Datum zadání práce:	23.3.2015
Datum odevzdání práce:	19.5.2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne .....

Bc. Kateřina Kvasničková

## **Poděkování**

**Velmi děkuji vedoucí práce Mgr. et Mgr. Martině Karáskové za odborné vedení, cenné rady, a spoustu času, který mi věnovala. Velké díky patří panu Josefu Brádlrovi, který již však není mezi námi, za zapůjčení rybiček nutných k pokusu a celkovému umožnění uskutečnit experiment v jeho akvaristice. V neposlední řadě moc děkuji za podporu a velkou dávku trpělivosti mému partnerovi.**

## **Anotace**

KVASNIČKOVÁ, K., Personalita živorodky duhové (*Poecilia reticulata*): chování ve dvou behaviorálních testech: open field testu a predator testu. Hradec Králové, 2017. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Mgr. et Mgr. Martina Karásková. 51 s.

## **Klíčová slova**

Personalita, živorodka duhová (*Poecilia reticulata*), open field test, predator test

## **Annotation**

KVASNIČKOVÁ, K., Personality in the Guppy (*Poecilia reticulata*): behavior in two behavioral tests: open field test and predator test. Hradec Králové, 2017. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis supervisor Mgr. et Mgr. Martina Karásková. 51 s.

## **Keywords**

Personality, guppy (*Poecilia reticulata*), open field test, predator test

# Obsah

Úvod .....	7
1. Cíle práce .....	9
2. Literární přehled o živorodce duhové ( <i>Poecilia reticulata</i> ) .....	10
2.1. Biologie druhu .....	10
2.2. Dosavadní znalosti o etologii .....	10
2.2.1. Open field test .....	11
2.2.2. Novel object test .....	12
2.2.3. Predátor test .....	13
2.2.4. Vliv predačního tlaku .....	18
2.2.5. Sociabilita .....	19
3. Materiál a metodika .....	22
4. Hypotéza .....	24
5. Etogram .....	25
6. Výsledky .....	26
6.1. Rozdíly v chování u samců a samic .....	26
6.2. Rozdíly chování v čase .....	30
6.3. Korelace .....	35
6.4. Aktivita testovaných jedinců .....	40
6.5. Predátor test .....	41
7. Diskuze .....	42
Závěr .....	45
Literatura .....	47
Přílohy .....	51

# Úvod

V posledních desetiletích je ekologie chování živočichů na vzestupu bádání. Jedinci stejného druhu, pohlaví i velikosti reagují na identické podněty odlišně. Někteří jsou aktivnější a odvážnější, jiní naopak bojácnější a pasivnější. Způsob, jakým reagují, odpovídá jejich osobnosti neboli personalitě (Sih et al. 2004). Rozdíly v chování živočichů byly zkoumány napříč živočišnou říší, u savců (Martin & Reale 2008; Hansen & Berhelsen 2000), ptáků (Drent et al. 2003; Dingemanse et al. 2002; Miller et al. 2006), plazů (Lopez et al. 2005) i pavouků (Punzo & Alvarez 2002). Z rybí říše bylo chování testováno u koljušky tříostné (*Gasterosteus aculeatus*) (Brydges et al. 2008; Bell & Stamps 2004), pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) (Frost et al. 2007; Sneddon 2003), slunečnice pestré (*Lepomis gibbosus*) (Wilson et al. 1993), dánia pruhovaného (*Danio rerio*) (Moretz et al. 2007), hrbohlavce afrického (*Steatocranus casuarius*) (Budaev et al. 1999) a živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) (Godin & Dugatkin 1996; Dugatkin & Alfieri 2003).

Zájem o pozorování přírody a přemýšlení o vztazích mezi jednotlivými organismy mě dovedl přes biologické olympiády, etologický kurz v Mohelenském Mlýnu, účasti na odborných biologicko-chemických soustředěních a pozorování ryb v jejich přirozeném prostředí při potápění, až k napsání diplomové práce. Tématem navazuji na bakalářskou práci, v níž jsem se zabývala personalitou u ryb. Dozvěděla jsem se o metodách výzkumu personalit u ryb pomocí open field testu (Smith & Blumstein 2010; Budaev 2003; Burns 2008; Wilson et al. 1993; Budaev 1997), při němž jsou testovaní jedinci umístěni do neznámého prostředí, a měří se intenzita jejich pohybu (prozkoumávání prostoru) pomocí čtvercové sítě na dně nádoby. Další možností testování personalit u ryb je pozorování reakcí jedince na přítomnost predátora obvykle v podobě makety (Ruth 2014; Budaev 1997; Budaev 2003; Piyapong et al. 2010) či reakce na cizí předmět při novel object testu (Budaev et al. 1999; Smith & Blumstein 2010; Budaev 2003; Burns 2008; Irving & Brown 2013; Vanesyan et al. 2015). Zajímavé můžou být i různé typy labyrintů, které byly použity k testování prostorové orientace žralůčka šedého (*Chiloscyllium griseum*) (Schluessel & Bleckmann 2012).

Součástí bakalářské práce byla pilotní studie prováděná na 20 jedincích živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) v 50% zastoupení od každého pohlaví. Rybičky jsem testovala v otevřené nádobě kruhového tvaru a po dobu 5 minut jsem zaznamenávala jejich projevy odvahy či strachu pomocí předem stanoveného etogramu. V diplomové práci navážu na zkušenosti s živorodkami z pilotní studie. Experiment provedu na větším množství jedinců a pokus budu po určitém čase opakovat s cílem zjistit, jestli je chování jedinců stabilní v čase.



# 1. Cíle práce

1. Stručná literární rešerše o personalitě živorodky duhové (*Poecilia reticulata*)
2. Zpracování metodiky experimentu
3. Provedení a vyhodnocení experimentu:
  - A. Open-field test
  - B. Predátor test

## 2. Literární přehled o živorodce duhové (*Poecilia reticulata*)

### 2.1. Biologie druhu

Živorodka duhová se přirozeně vyskytuje v brakických a sladkých vodách Jižní Ameriky v rozmezí teplot vody od 18 °C do 28° C. Zavlečena byla např. do Afriky a velmi invazivní je i ve Francouzské Polynésii na ostrově Moorea (Ruth 2014). Je schopná žít v kalnějších stojatých vodách i v horských potocích poblíž vodopádů. Preferuje přítomnost vegetace, která jí slouží jako úkryt. V jejím jídelníčku bychom našli larvy hmyzu, zooplankton i fytoplankton. (Froese & Torres 2015)

Na rozdíl od samců, kteří jsou výrazněji zbarveni a měří přibližně 3,5 cm, dorůstají samice až 6 cm (Pecháček 2001). Samci se dožívají jednoho až dvou let, samice o rok déle. Pohlavní dospělosti dosahují během 4-10 týdnů od narození. Samec oplodní samici pomocí gonopodia (útvary vyvinuté z řitní ploutve). Gravidní samici poznáme pomocí tmavé skvrny u řitní ploutve. Po 4–6 týdnech březosti se rodí 20–40 mlád'at, která jsou nedlouho po narození samostatná. Přibližně po měsíci je samice schopná bez opakovaného oplození rodit další mlád'ata. Cílem samců je proto kopulovat se samicemi co nejčastěji, aby zvýšili šanci na oplození jiker právě jejich mlíčím. Samice si však vybírají. Jedním z faktorů je výrazné zbarvení samce, které samici nepřímo sděluje, že je samec v plné kondici, zdravý a vybaven dobrými geny pro jejich budoucí potomky. V případě, že mají možnost pozorovat chování samce v přítomnosti potenciálního predátora, volí si dle jeho odvahy. Preferují sice barevné samce, ale vybírají si raději samce průměrně zbarvené, avšak odvážnější, s vyššími šancemi na přežití (Godin & Dugatkin 1996). Jen v případech, kdy byli samci při námluvách podobně úspěšní, daly samice přednost samcům výrazněji zbarveným (Farr 1980).

### 2.2. Dosavadní znalosti o etologii

Pod pojmem personalita se skrývají různé typy osobností určených na základě odlišných reakcí na stejný podnět u jednotlivců v rámci stejného druhu. Někteří jedinci jsou při působení podnětu (stresu) odvážní, agresivní a aktivní (bold), jiní naopak bojácně setrvávají na místě a nebrání se (shy). Stimul, na jehož působení jsou zaznamenávány reakce, může představovat cizí předmět vložený do jejich domácího akvária (novel object test) či přítomnost predátora (predátor test), případně může být měřena aktivita a chuť prozkoumávat nové prostředí při open field testu.

### 2.2.1. Open field test

Při testu otevřeného pole se testuje aktivita jedince (čas strávený pohybem, nehybné strnutí na dně či volné vznášení ve vodním sloupci). Burns (2008) měnil z důvodu spolehlivosti výsledků při opakovaných testech podobu testovací nádrže a rozestup mezi jednotlivými opakováními, přičemž každé provedení testu realizoval dvakrát. V prvním experimentu byla nádoba obdélníkového tvaru zelené barvy, ve druhé variantě byla využita nádoba modré barvy a třetí obměna tkvěla v jiném typu osvětlení (namísto zářivek byly použity klasické žárovky). Schéma pokusu bylo ve všech ostatních kritériích shodné. Na dně se nacházela čtvercová síť k vyhodnocování aktivity rybiček, kterou po celou dobu experimentu snímala kamera k následnému vyhodnocování. Rybička byla na počátku pokusu vložena do středu testovací nádoby. Po jedné minutě aklimatizace se začala zaznamenávat její tříminutová aktivita. Po každé rybičce byla voda vždy vyměněna z důvodu možné kontaminace vody stresovými hormony. Doba aktivního plavání (move) byla negativně korelována se strnutím na dně (freezing). Čas aktivního pohybu v open field testu může být ovlivněn jak chutí prozkoumávat nové prostředí, tak odvahou či strachem (Burns 2008). Odvaha a průzkumné chování je pro jedince velmi důležité, protože díky němu se můžou šířit, soupeřit o území či zaujmout potenciální partnery (Godin & Dugatkin 1996). Burns (2008) se přidává k tvrzení S. V. Budaeva (1997), že je open field test možné považovat za nejprůkaznější způsob posouzení osobnostních dimenzí u živorodek.

Experiment vyhodnocující odvahu ryby opustit bezpečný úkryt a vydat se na průzkum neznámého prostředí, tzv. emerge test (Burns 2008), bývá často součástí open field testů. Čas, než se ryba vydá na průzkum nového prostředí ze startovacího boxu (latence), je vyhodnocován jako odvaha neboli boldness (Brown & Braithwaite 2005). Je však obtížné posoudit, jestli se ryba schovává v úkrytu z důvodu strachu z nového prostředí, či pouhému nezájmu o zkoumání neznámého. Burns (2008) testoval odvahu živorodky v akváriu s neprůhlednými černými stěnami. Jedince umístil do startovacího boxu (úkrytu) v podobě zelené plastové nádoby. Po dvou minutách přivyknutí se otevřela dvířka úkrytu. Čas, než rybička vyplula z úkrytu, byl označen jako latence. Pokud se neodhodlala vyplout do desíti minut, byla zaznamenána tato hodnota jako maximální (týkalo se jen 5 jedinců z 240). Experiment byl opakován s cílem posoudit stálost chování jedinců v čase, tentokrát však v trochu větším akváriu a se stěnami i dnem pokrytým proužky fialového papíru. Ve druhé variantě experimentu byly rybičky ponechány v úkrytu déle (5 minut namísto 2 minut). Rybičky, které do dvou sekund po otevření dvířek vystartovaly polekaně ven, byly z vyhodnocování vyřazeny. Platnost výsledků emerge testu je však samotným Burnsem (2008) zpochybňována. Není jasné, že testované rybičky považují startovací nádobu

za bezpečné a známé místo. Některé rybičky se vydaly na průzkum nádrže z úkrytu pomalu a s rozvahou, jiné však opustily útočiště velmi rychle a zmateně hned ve chvíli, kdy se otevřela dvířka. Rozdíl v pohledu na úkryty může být i v rámci populací vzhledem k tomu, že živorodky z oblastí s vysokým predáčním tlakem využívají mušle jako úkryt před predátory, jedinci z oblastí s nízkou mírou predace však nikoliv (Templeton & Shriner 2004).

Ruth (2014) sledoval odvahu živorodek pocházejících z různých řek ostrova Moorea ve Francouzské Polynésii, kde jsou považovány za invazivní. Zaznamenával latenci vyplavání z aklimatizačního boxu u 30 jedinců (15 samců a 15 samic). Součástí experimentu bylo i měření intenzity explorační v open field testu díky čtvercové síti na dně. Shledal, že samci byli oproti samicím výrazně odvážnější a aktivnější.

### **2.2.2. Novel object test**

Jedná se o metodu zaznamenávající strach jedinců z neznámého (odvahu – boldness nebo bojácnost – shyness) a jejich zvědavost (míru explorační) prostřednictvím sledování reakcí na cizí předmět vložený do jim známého (domácího) prostředí. Eviduje se doba, než rybičky seberou odvahu se k předmětu poprvé přiblížit, a čas, po který se kolem předmětu pohybují (zkoumají ho). Když jedinci trvá, než se poprvé k předmětu přiblíží, můžeme to považovat za projev strachu z neznámého či nezáměru o zkoumání něčeho nového. Podobně čas strávený poblíž předmětu může být označován za průzkumné chování, ale dá se vysvětlit i tak, že je rybička jen hodně aktivní a s průzkumem její pohyb nesouvisí. (Burns 2008)

Při prvním typu pokusu prováděným Burnsem (2008) byl jako neznámý předmět využit válec s horizontálními černobílými pruhy. Obměnou při opakování byla růžová plastová kostka. V další variantě experimentu byl předmět při zachování stejných podmínek rybičce ponechán k průzkumu po delší dobu (5 minut prodlouženo na 10 minut). Porovnáním naměřených hodnot času tráveného méně než 4 cm od předmětu v prvních 5 minutách oproti následným 5 minutám, došel Burns (2008) k výsledku, že se doba trávená zkoumáním v první i druhé části 10minutového pozorování příliš nelišila.

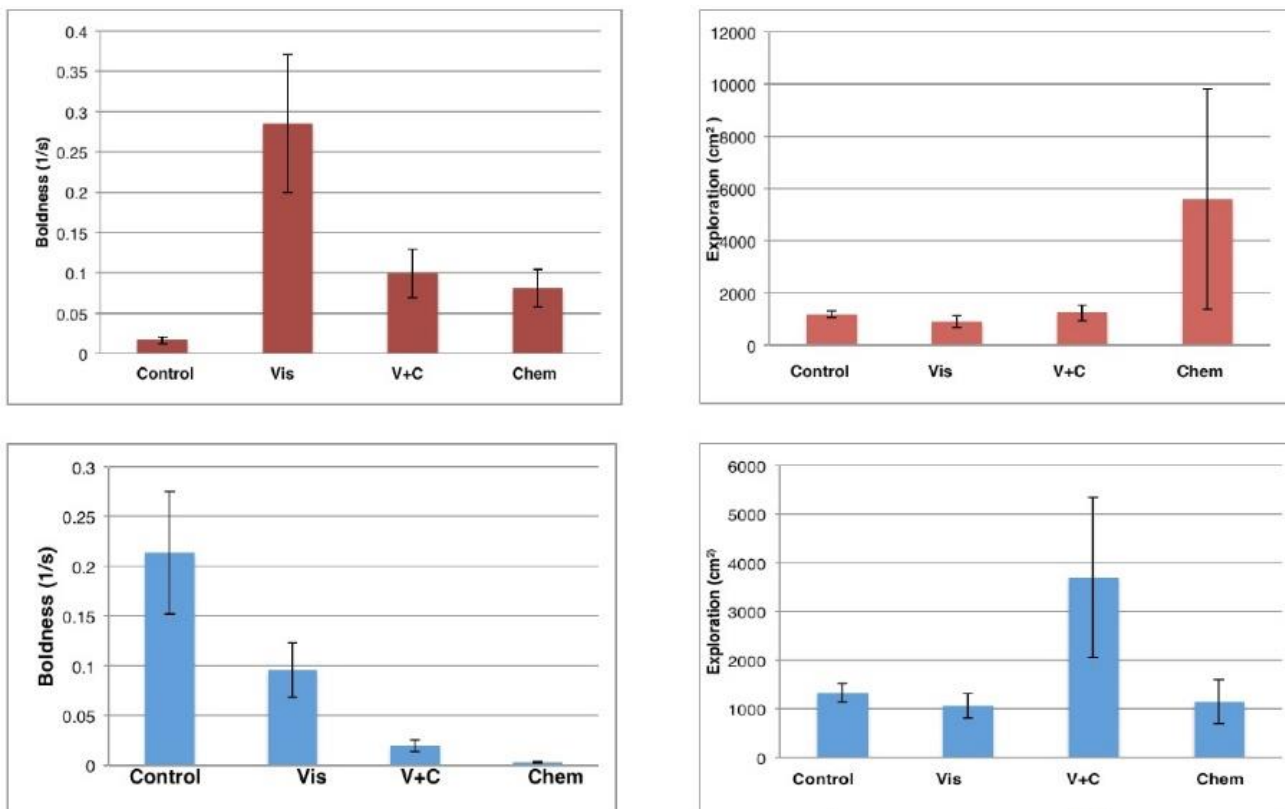
K provedení novel object testu je dle Burnse (2008) pravděpodobně potřeba více přírodních podmínek. Možná právě proto nebyl tento test považován za statisticky průkazný pro měření odvahy a průzkumného chování. Jeho výsledky však pozitivně korelovaly s aktivitou rybiček, která ovšem nemusela s jistotou značit zájem o cizí předmět. Na dobu strávenou v blízkosti předmětu by se proto měl brát zřetel pouze v případech, kdy rybička směřuje cíleně k cizímu objektu a nejen, když se pohybuje okolo. Vzhledem k tomu,

že se velké procento ryb k předmětu vůbec nepřiblížilo (24 %), by bylo vhodné prodloužit celkovou dobu experimentu. (Burns 2008)

Irving & Brown (2013) zkoumali odvahu živorodek v akváriu pomocí kostiček lega a bílého půlkruhu na dně v oblasti startovací nádoby. Měřili, jak dlouho rybičce trvá, než se odváží po vyplavání z aklimatizačního boxu překonat hranice bílého půlkruhu na dně a začne zkoumat kostičky lega umístěné za půlkruhem. Následně zaznamenávali vertikální i horizontální aktivitu rybičky po dobu 10 minut. U samců byla na základě experimentu potvrzena pozitivní korelace mezi odvahou a aktivitou.

### **2.2.3. Predátor test**

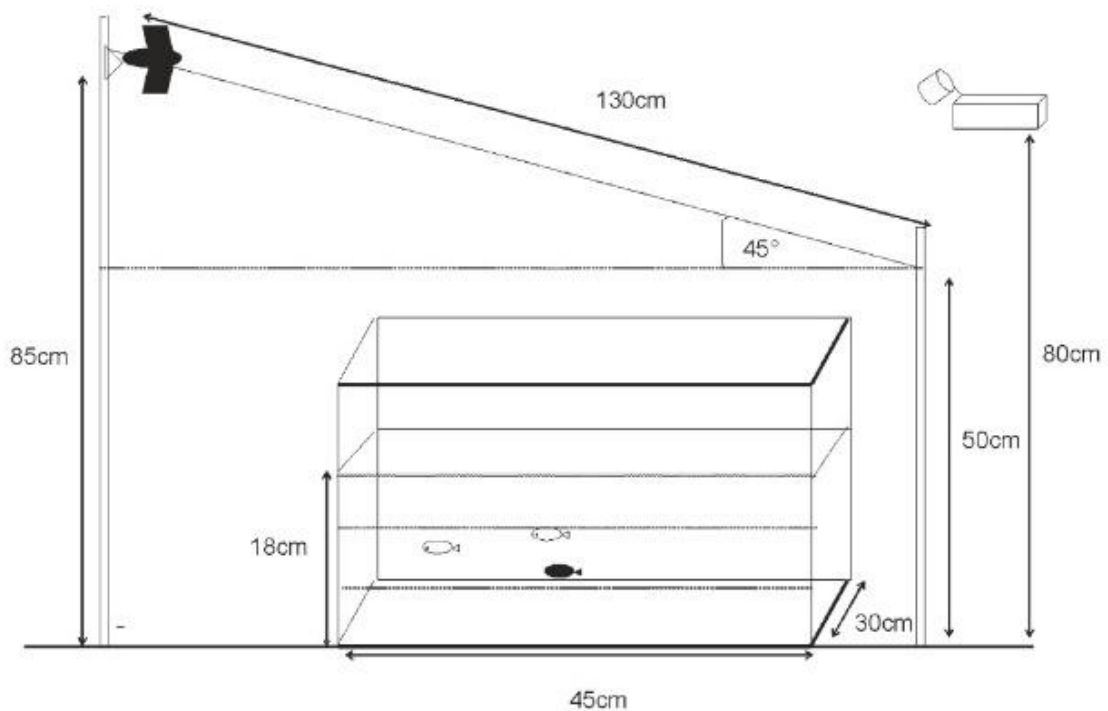
Odvaha a míra explorační reakce může být testována i na základě reakcí na přítomnost predátora. Ruth (2014) sledoval chování živorodek při různých podnětech týkajících se predátora. Buďto živorodky predátora jenom viděly skrze skleněnou přepážku, nebo ho vnímaly chemicky z vody (voda, v níž se jedinci pohybovali, byla odebrána z domácího akvária predátora). Poslední variantou byla kombinace vizuálního i chemického kontaktu s predátorem. Samice byly odvážnější (opustily startovací box nejrychleji) při vizuálním kontaktu s predátorem, než bez jeho přítomnosti (obr. č. 1) a neaktivněji se pohybovaly při působení chemických podnětů. Naopak samci byli v přítomnosti predátora bojácnější a jejich aktivita byla nejvyšší při spolupůsobení chemických a vizuálních podnětů, což může souviset se schopností zaznamenat přítomnost samičky pro páření (Shenoy 2012). Dle Weetmana et al. (1998) reagují živorodky při zvýšené teplotě vody na predátora výrazně aktivněji a odvážněji.



**Obrázek 1** Graf znázorňující odvahu jedinců při různých podnětech týkajících se predátora - latence opuštění startovací nádoby (vlevo nahoře samice, vlevo dole samci) a míru explorace v přítomnosti různých podnětů (vpravo nahoře u samic, vpravo dole u samců), Control (kontrolní vzorek bez působení podnětu), Vis (vizuální kontakt s predátorem), V+C (vizuální a chemický kontakt), Chem (chemický kontakt), převzato z Ruth (2014)

Piyapong et al. (2010) testovali odvahu živořodek pomocí simulace útoku vzdušného predátora (ledňáčka). Rybička podrobovaná experimentu byla umístěná spolu se dvěma dalšími (bud' obě samice nebo oba samci) do akvária. Po dobu 30 minut si přivýkaly na nové prostředí. Sledovaný jedinec byl injekcí barevně označen a se dvěma dalšími rybičkami se neznal (každá ze třech rybiček vyskytujících se spolu v testovacím akváriu byla odebrána z jiné nádrže). Po aklimatizaci byla nad výzkumným akváriem pomocí kladky puštěna maketa vzdušného predátora simulující přelet (obr. č. 2). V tu chvíli se rybičky polekaly a strnuly na dně (freezing). Byl zaznamenávám čas do chvíle, než se testovaná rybička po vystrašení začala normálně pohybovat a čas, než se odvážíla vydat do horní třetiny akvária. Vyplutí směrem k hladině bylo totiž považováno za projev odvahy vzhledem k tomu, že tak mohlo dojít ke snadnější detekci jedince ze strany predátora.

Autoři předpokládali, že samci budou odvážnější v přítomnosti samic s cílem předvést se před samicemi, a tím i zvýšit pravděpodobnost páření. Bylo tomu ale přesně naopak. Přítomnost samců je přiměla k rychlejšímu vzpamatování ze šoku (možná ve snaze dokázat, že je nejodvážnější ze všech právě ten testovaný). Po vylekání samců maketou predátora se vrátili k pohybu rychleji než samice (byli odvážnější). Samice se začaly opět pohybovat po vylekání predátorem rychleji v přítomnosti samců než v přítomnosti samic. Hlavním důvodem rychlého vzpamatování mohla být snaha vyhnout se pokusům samců o kopulaci (Piyapong et al. 2010). Někdy se proto můžou samice uchýlit do hlubších vod, kde je nižší výskyt samců, kteří by s nimi chtěli kopulovat. Je to však na úkor vyššího nebezpečí predace ze strany dravých ryb. (Croft et al. 2006)



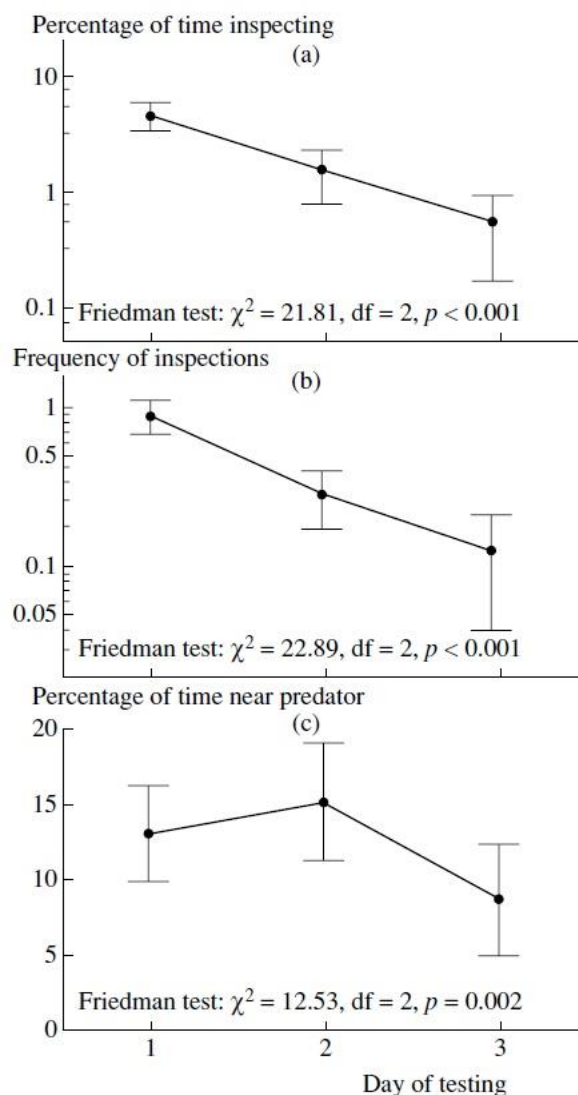
**Obrázek 2** Nákres znázorňující akvárium s testovanou rybičkou, nad akváriem je umístěna kladka s maketou predátora, zprava míří na přelétajícího predátora světlo, které umožňuje dopad stínu predátora při přeletu na akvárium, převzato z (Piyapong et al. 2010)

Budaev (2003) zkoumal, zda si živorodky přivyknou na přítomnost predátora, když mu budou opakovaně vystaveny. Nejprve byla měřena aktivita v open field testu pomocí čtvercové sítě na dně. Rybičky se aklimatizovaly ve startovacím boxu po dobu 2 minut, poté následovalo 5minutové pozorování. Výsledkem open field testu byl počet čtverců proplavaný za minutu. Měsíc po open field testu byl proveden test vystavení přítomnosti predátora. Akvárium se skládalo ze 3 částí. Do jedné krajní části nádrže byla umístěna živorodka na 5minutovou aklimatizaci. Po otevření dvířek mohla rybička vstoupit do střední části akvária, v němž probíhalo 5minutové pozorování. Na druhé straně

od střední části byl za sklem umístěn predátor kančík příčnopruhý (*Archocentrus nigrofasciatus*). Zaznamenáván byl počet konfrontací s predátorem přes sklo za minutu, čas strávený pozorováním predátora, procento času strávené blíže než 6 cm od části s kančíkem a latence prvního přiblížení k predátorovi. Každá živorožka byla podrobena celkem třem testování v po sobě jdoucích třech dnech.

Procento času strávené pozorováním predátora, stejně jako frekvence konfrontace s predátorem, při opakovaných testech exponenciálně klesalo (obr. č. 3). Procento času trávené v blízkosti predátora klesalo pouze v posledním dni experimentu (obr. č. 3). První den testování si živorožky všimly predátora velmi brzy po vstoupení do středové testovací části akvária. Téměř 50 % jedinců zpozorovalo predátora v prvních 30 s. Procento času trávené sledováním predátora bylo ve všech třech dnech pozorováních signifikantní, přičemž největší korelace byla shledána mezi druhým a třetím dnem. Korelace mezi výsledky aktivity v open field testu a testu vystavení predátorovi byly shledány pouze ve vztahu k prvnímu dni predátor testu. Obdobně tomu bylo i v případě vztahu mezi open field testem a latencí k prvnímu kontaktu s maketou predátora. První kontakt s predátorem v prvním dni je asociován s odvahou jedince (boldness) a nekoreluje s následným sledováním predátora v dalších dnech. Budaev (2003) předpokládá, že kontakt s predátorem bude iniciovat nejodvážnější jedinec z hejna. Následné dozorování nad predátorem souvisí spíše s bdělostí a není k němu nutná velká dávka odvahy. Živorodky z oblastí s vysokým predáčním tlakem jsou méně odvážné (s predátorem se setkávají často). Jejich reakce na predátora tedy souvisí více se schopností zaznamenat jeho přítomnost než s odvahou.



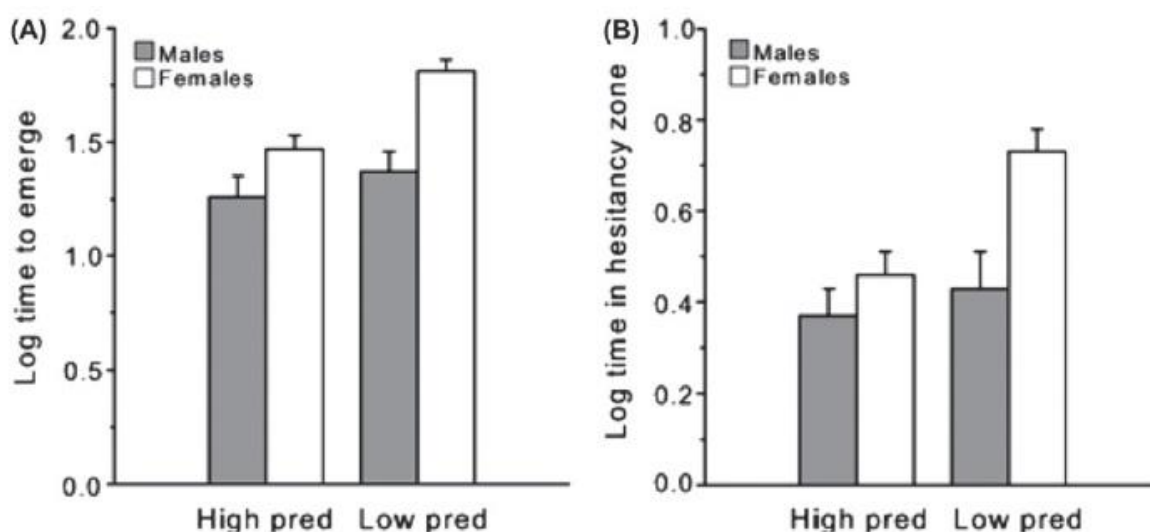


**Obrázek 3** Graf znázorňující vztah k predátorovi při opakovaných testech (1., 2. a 3. den); a) procento času trávené sledováním predátora, b) frekvenci kontrolování predátora, c) procento času trávené v blízkosti části akvária s predátorem, převzato od Budaeva (2003)

Smith & Blumstein (2010) na živorodkách zkoumali behaviorální typy v závislosti na jejich aktivitě v open field testu, počtu přiblížení k neznámému předmětu (novel object) v podobě růžové misky a reakcí na obrázek akary modré (*Aequidens pulcher*) – přirozeného predátora živorodek (Magurran et al. 1992). Kritériem při vyhodnocování byla latence přiblížení k fotce predátora umístěné na stěně akvária. Testovací nádrž byla rozdělena neprůhlednou stěnou na dvě poloviny. Do jedné části byla vložena testovaná rybička, do druhé půlky neznámý předmět. Po 13 minutách aklimatizace byla předělová příčka odstraněna, čímž započalo pětiminutové testování reakcí. Na základě jednotlivých experimentů byly určeny jedinci odvážnější, zvědavější a přístupnější novým podnětům. Na závěr byly rybičky podrobeny testu přežití – vloženy do akvária s predátorem. Nejdéle přežili jedinci na základě dřívějších testů označení za odvážné a průbojné. (Smith & Blumstein 2010)

#### 2.2.4. Vliv predáčního tlaku

Rozdílné predáční tlaky můžou vést k populačním rozdílům v osobnostních rysech (Harris et al. 2010). Živorodky z oblastí s různými predáčními tlaky z Trinidadu byly testovány na jejich odvahu ve vztahu k predáčnímu tlaku, původu populace (oblast odchytu), pohlaví a velikosti. Jedinci z oblastí s vysokým predáčním tlakem (klidnější proud vody bez vodopádů) byli odvážnější v porovnání s jedinci z oblastí s nižším výskytem predátorů (vodopády) (obr. č. 4). Samci byli celkově odvážnější než samice (Harris et al. 2010).



**Obrázek 4** Graf znázorňující čas, než živorodka opustila úkryt (nalevo) a dobu, než rybička aktivně vyplavala z blízkosti úkrytu na průzkum akvária (napravo), převzato od Harris et al. (2010)

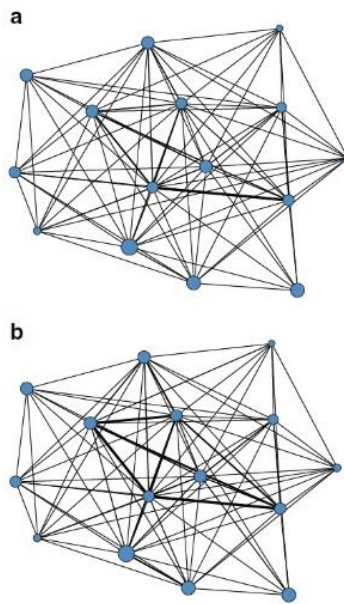
Skupinám ryb z oblastí různého predáčního tlaku byly opakovaně předkládány předměty – jeden z nich se dal sníst, druhý nebyl určený k jídlu. Jedinci z oblastí s nízkým predáčním tlakem se naučili rychleji rozpoznávat předmět, který může být sněden. Může to být způsobeno tím, že jedinci vyskytující se v oblastech s vyšším predáčním tlakem se musí soustředit především na identifikaci predátora, nikoliv potravy. (Clément et al. 2017)

### 2.2.5. Sociabilita

Shlukování jedinců stejného druhu umožňuje vznik bližších vazeb mezi jedinci, a tím se zvyšuje bezpečí. Pro udržení vztahů ve skupinách ryb je nutné synchronizovat chování všech jednotlivců, díky čemuž je možné udržet se v hejnu (Krause & Ruxton 2002). Sociabilita však přináší nevýhodu v podobě vyšších konkurenčních tlaků mezi samci. V důsledku toho se mezi samci vyskytuje vyšší míra sexuálního chování. Naopak v místech s jediným predátorem (*Rivulus hartii*) samci vykazují nižší míru sexuálního chování a pohybují se v rámci celého toku na rozdíl od těch z predančně silných oblastí, kteří se drží hlavně v blízkosti břehů. (Farr 1975)

Vzájemná známost mezi jedinci tvořící skupinu přináší i výhody šíření informací např. o potravě. Hasenjager & Dugatkin (2016) podrobovali výzkumu tři skupiny živorodek. V jedné skupině se všichni jedinci znali, ve druhé byli všichni cizí a v poslední byli namíchaní. Složení skupiny mělo vliv na šíření informací. Pravděpodobně z důvodu vysoce socializovaných jedinců pozorovaných ve smíšené skupině se informace o místech s potravou rozšířily v této skupině nejrychleji.

Wilson et al. (2014) pozoroval živorodky v jejich přírodních stanovištích v řece Turare v Trinidadu. Místo, v němž se ryby přirozeně shlukovaly, bylo označeno za tzv. hotspot, který se rozkládal zhruba na 11 % celkového území a vyskytovalo se v něm po dobu testování 40 % všech ryb. Ryby označené pomocí fluorescenčních barviv byly sledovány po dobu 90 s, každých 10 s byla zaznamenána identita nejbližších sousedů. Výsledkem pozorování vznikla síť znázorňující interakce mezi jedinci téhož druhu (obr. č. 5). Ryby trávily 40 % celkového času pohromadě. Někteří jedinci se dostali do vzájemné těsné blízkosti až 78 x v průběhu jednoho testování, 20 % jedinců se naopak ani jednou nesetkalo. Mimo jiné byla zaznamenávána i celková aktivita, intenzita krmení, maximální hloubka a plocha proplavaného území (m<sup>2</sup>). Intenzita kontaktování mezi jedinci může být využita při odhadu přenášení parazitů či nemocí (Croft et al. 2011).



**Obrázek 5** Obrázek znázorňující vzájemné kontakty mezi testovanými jedinci, velikost bodů odpovídá velikostem těla jedinců, obr. a) znázorňuje celkový počet 10s intervalů, při nichž byly ryby pozorovány poblíž sebe (kontakt mezi páry 0 - 78, střední hodnota 8,1), na obr. b) nejsou zohledněny po sobě jdoucí asociace (kontakt mezi dvojicemi 0 - 26, střední hodnota 4,5), převzato z Wilson et al. (2015)

Sociabilitu testoval i Irving & Brown (2013). Do většího akvária umístili malé akvárium se šesti vzájemně neznámými samicemi. Větší nádrž byla rozdělena do 5 částí v různých vzdálenostech od malého akvária s hejnem samic. Po dobu 10 minut byl měřen čas strávený testovanými jedinci v různých sekcích akvária. Delší doba výskytu v blízkosti hejna neznámých samic naznačovala společenskost testovaných živořodek. Všechny tři pokusy byly jednou opakované se snahou prokázat stálost chování jedinců v čase. Jak vyplynulo i z testování open field testu prováděného před testováním sociability, samci byli aktivní a odvážní, ne však společenší. Samice se naopak přibližovaly k akváriu s jinými samicemi, byly méně aktivní a projevovaly se bojácněji. Pravděpodobně z důvodu vyššího bezpečí se samice většinou snaží držet v hejnu. Hejno jim totiž zajišťuje vyšší pravděpodobnost přežití, které je pro zanechání potomků z jejich pohledu nejdůležitější (jedna kopulace jim vystačí pro několik vrhů). Samcům se vyplatí riskovat, aby předali své geny (co nejčastěji kopulovali), proto pro ně není až tak rozhodující držet se ve skupině.

Tendence ke shlukování po vyrušení živorodek střídáním světla a tmy zaznamenávali Vanesyan et al. (2015). Sledovali, jak se rybičky shlukovaly po rušivém podnětu, a za jak dlouho se vrátily zpět do klidového chování. Vyhodnocována byla také pozice a vzdálenost mezi testovanými jedinci. Obvyklou reakcí po vyrušení bylo strnutí jedinců (freezing) a následné rychlé zmatené pohyby (skittering). Při opakovaném testování na rušivý podnět se snížila míra shlukování. Reakce na podnět se rychleji snížila u jedinců z oblastí s vysokým predaním tlakem, kteří jsou zvyklí na větší množství stresujících a potenciálně nebezpečných situací. (Vanesyan et al. 2015)

### 3. Materiál a metodika

Pro testování personality u živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) jsem zvolila open field test, který byl označen za nejprůkaznější ukazatel při hodnocení shy-bold kontinua u živorodek (Burns 2008). K open field testu navíc není potřeba speciální povolení, dle zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, jelikož se jedná o testy otevřeného pole, která jsou uvedena ve výjimce tohoto zákona, § 15 odst. 3., příloha č. 9 odst. 4 písm. m, vyhlášky č. 419/2012 Sb., o ochraně pokusných zvířat. U rybiček jsem sledovala míru explorační a různé typy chování.

Testování probíhalo na 20 jedincích od každého pohlaví. Živorodky byly sítíkou odloveny ze společného akvária a umístěny do nádob po jednom jedinci. Každá nádoba měla své číslo, díky čemuž jsem při opakovaných testech věděla, která rybička je která. Po testování byla vždy rybička vrácena zpět do své nádoby. Pořadí testování bylo určováno náhodně losováním lístků s čísly. Rybičky byly krmeny vždy večer ve 20 hodin, díky čemuž nebylo testování následující den ovlivněno ani hladem, ani překrměním. Teplota vody byla 24°C. Po každém jedinci byla obměněna voda v testovacím akváriu (Smith & Blumstein 2010; Burns 2008).

Aréna open field testu (příloha č. 1) obdélníkového tvaru měla rozměry 35 cm x 23 cm s výškou akvária 22 cm. Na dně nádoby byla čtvercová síť se čtverci o hraně 3,5 cm, která sloužila k vyhodnocování míry explorační sledovaných jedinců. V rohu akvária se nacházela umělá rostlinka, která sloužila jako úkryt pro živorodku při vypuštění do testovací nádrže.

Rybička byla vložena do testovací arény vždy do rohu s umělou rostlinkou. Od vložení jedince se počítal čas až do vyplutí živorodky z úkrytu – latence. Poté následovalo pětiminutové pozorování jednotlivých behaviorálních projevů rybičky. Z experimentu byl pořízen video záznam, ze kterého byly zpětně vyhodnocovány prostřednictvím programu Ethowatcher jednotlivé behaviorální projevy. Open field test byl opakován s cílem zjistit, zda je personalita průkazná při opakovaném testování. Druhý termín experimentu následoval 6 dní po prvním a třetí termín po 22 dnech od druhého. Následoval ještě test napodobující vystavení predátorovi. Rybičku jsem po skončení open field testu chytila do sítíky a 30 s zaznamenávala, kolikrát s sebou škulba.

Výsledky experimentu jsem dle skript Jihočeské univerzity (Lepš 1996) statisticky zpracovala. K vyhodnocení jsem využila program IBM SPSS Statistics, Microsoft Excel a XLSTAT.

Při experimentu jsem zaznamenávala míru explorační pomoci počítání, kolika čtverci ve čtvercové síti na dně ryba v průběhu testování proplavala. Průbojně a zvědavě ryby mají vyšší míru explorační než ryby bojácné, proto je vysoký počet proplavaných čtverců považován za vlastnost bold jedince. Měřena byla i doba, po kterou ryba aktivně plavala (move).

Zaznamenáváno bylo i chování, které se dá považovat za reakci vystresované ryby, stejně tak jako její nezájem o zkoumání nového prostředí (S. V. Budaev 1997). Toto chování je nazýváno freezing, neboli strnutí rybky na dně. Behaviorální projev, při kterém se rybička vznáší volně ve vodním sloupci a neplave, je pojmenován jako stop. Oba výše zmiňované behaviorální projevy budu pokládat za chování shy ryb. Můžou být považovány za následek bázlivosti v případě, že si projev budeme vykládat jako projev stresu, či projev neprůbojnosti a nechuti zkoumat neznámé prostředí.

Projev vysoké míry stresu nebo agresivita se může projevit jako série rychlých pohybů, tzv. skittering, který považuji za projev bojácných shy jedinců. Pokusy o únik z testovací nádrže, při nichž rybičky narážejí do stěn testovací nádrže, tzv. escape, charakterizuje naopak ryby odvážné a průbojně (bold).

## 4. Hypotéza

- 1) Více proplavaných čtverců (tzn. vyšší míru explorce), pokusů o útěk skrze stěny testovací nádrže (escape) a delší čas strávený plaváním (move) předpokládám u bold ryb.
- 2) Samci se budou projevovat více jako bold jedinci, a proto budou oproti samicím aktivnější.
- 3) Míra explorce (počet proplavaných čtverců) se při opakovaných testech u testovaných jedinců dle mých předpokladů bude snižovat vzhledem ke klesající míře stresu a nižší chuti prozkoumávat již dříve prozkoumané území.
- 4) Chování testovaných jedinců živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) bude při opakovaných experimentech konzistentní v čase.



## 5. Etogram

Jednotlivé typy chování živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) jsem zpracovala do etogramu (tab. č. 1). Vycházela jsem z dlouhodobého sledování chování živorodek ve vlastním akváriu před vypracováním bakalářské práce, zkušeností s pilotní studií při experimentu v bakalářské práci a nastudování článků od S. V. Budaeva.

**Tabulka 1** Soupis behaviorálních projevů živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) (Budaev 1997)

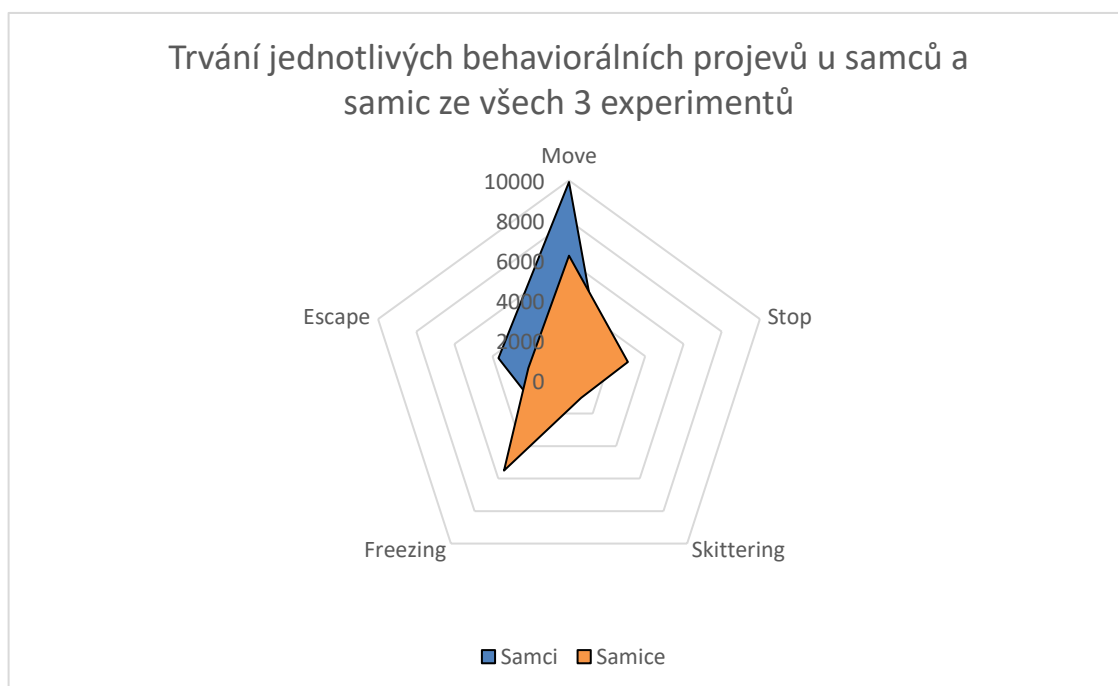
Behaviorální projev	Definice
<b>move</b>	volný pohyb v experimentální nádrži
<b>stop</b>	jedinec je nepohyblivý, vznáší se volně ve vodním sloupci
<b>skittering</b>	série rychlých sekavých pohybů
<b>freezing</b>	strnutí jedince na dně nádrže
<b>escape</b>	pokusy o útěk skrze stěny testovací arény

## 6. Výsledky

Open field test byl vyhodnocován na základě trvání jednotlivých behaviorálních projevů (s), a počtu proplavaných čtverců po dobu 5 minut. Test napodobující vystavení rybičky predátorovi jsem vyhodnocovala na základě počtu mrsknutí rybičky v síťce v časovém úseku 30 s.

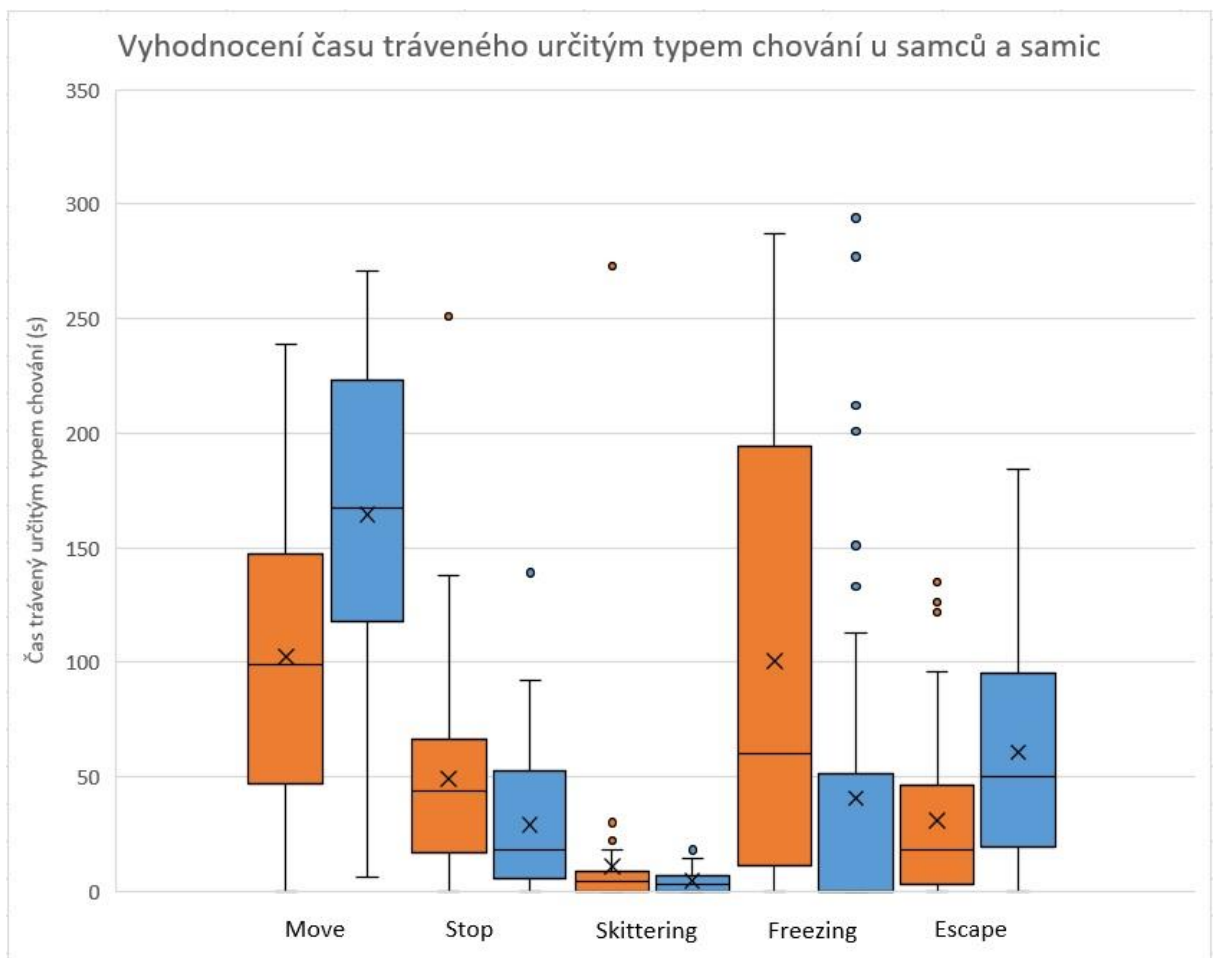
### 6.1. Rozdíly v chování u samců a samic

Samci byli celkově aktivnější (obr. č. 6–8). Trávili oproti samicím více času plaváním (move), což může značit jejich větší průbojnost a snahu poznat nové prostředí. Našli se ale i výjimky, samec č. 24 trávil při 3. termínu experimentu plaváním pouze 6 vteřin a po zbytek 5minutového sledování setrval nehybně na dně nádrže (freezing). Celkově se dá říci, že freezing byl spíše doménou samic (obr. č. 8), u nichž čas trávený nehybným strnutím na dně dosahoval v průměru téměř třikrát vyšších hodnot (tab. č. 2). Podobně tomu bylo i u setrávání na místě (stop). Samice trávily o 36 % času více volným vznášením ve vodním sloupci než samci. Bojovnost projevovaná snahami o únik z nádrže byla častější u samců, avšak i některé samice byly v této činnosti vysoce aktivní. Samice č. 6 trávila v prvním termínu experimentu pokusy o únik z akvária 151 vteřin, což je ve srovnání s celkovým průměrem pro samice o 116 vteřin více. Naměřené hodnoty pro všechny typy behaviorálních projevů vyšly statisticky průkazné (tab. č. 3).



Obrázek 6 Graf znázorňující rozdíly mezi samci a samicemi

Maximální hodnoty trvání doby plavání u samců a samic se nijak výrazně nelišily (tab. č. 2). Samice č. 14 trávila při 3. opakování experimentu plaváním 79,6 % z celkového času testování (239 s) a dosáhla tak maximální hodnoty pro samice. Rekordmankou v nejkratší době plavání byla samice č. 11 hned při prvním pokusu. Tato samice se jevila velmi bojácně, při prvním pokusu plavala 6 s, při opakování 22 s a v třetím termínu experimentu 23 s. Z naměřených hodnot je vidět, že její chování bylo stálé v čase stejně jako u samce č. 18, který byl naopak při třetím pokusu neaktivnější (202 s, 226 s a 271 s). Rozdíly v délce aktivního plavání mezi pohlavími jsou patrné z obr. č. 6 a 7.



**Obrázek 7** Graf znázorňující mediány, minima, maxima a aritmetické průměry trvání jednotlivých behaviorálních projevů u samců a samic ze všech 3 experimentů dohromady, oranžové – samice, modré – samci

Pokud ryby neplavaly, mohly se volně vznášet ve vodním sloupci (stop). Při druhém opakování bylo dosaženo samicí č. 9 nejdelšího setrvávání na místě (83,6 %). Výjimkou potvrzující pravidlo se stala samice, která se ani na chvíli nezastavila – vznášením ve vodním sloupci (stop) i strnutím na dně (freezing) netrávila ani chvíli, a po čas v testovacím akváriu aktivně plavala a pohybovala se rychlými sekavými pohyby (skittering).

Skittering je charakterizován jako série rychlých sekavých pohybů. Je typický pro samice (obr. č. 8). Vzhledem k tomu, že rybičky se takto pohybovaly vždy jen chvíli, a pak se buď zastavily nebo pokračovaly v plavání plynulejším tempem, nebyl ve velké míře zastoupen. Přesto se ve větší míře vyskytl při prvním pokusu u samic č. 6 a 7 (105 s, 106 s) a u samice č. 20 při druhém termínu experimentu (273 s).

**Tabulka 2 Hodnoty mediánů, minim, maxim a aritmetických průměrů k obr. č. 7**

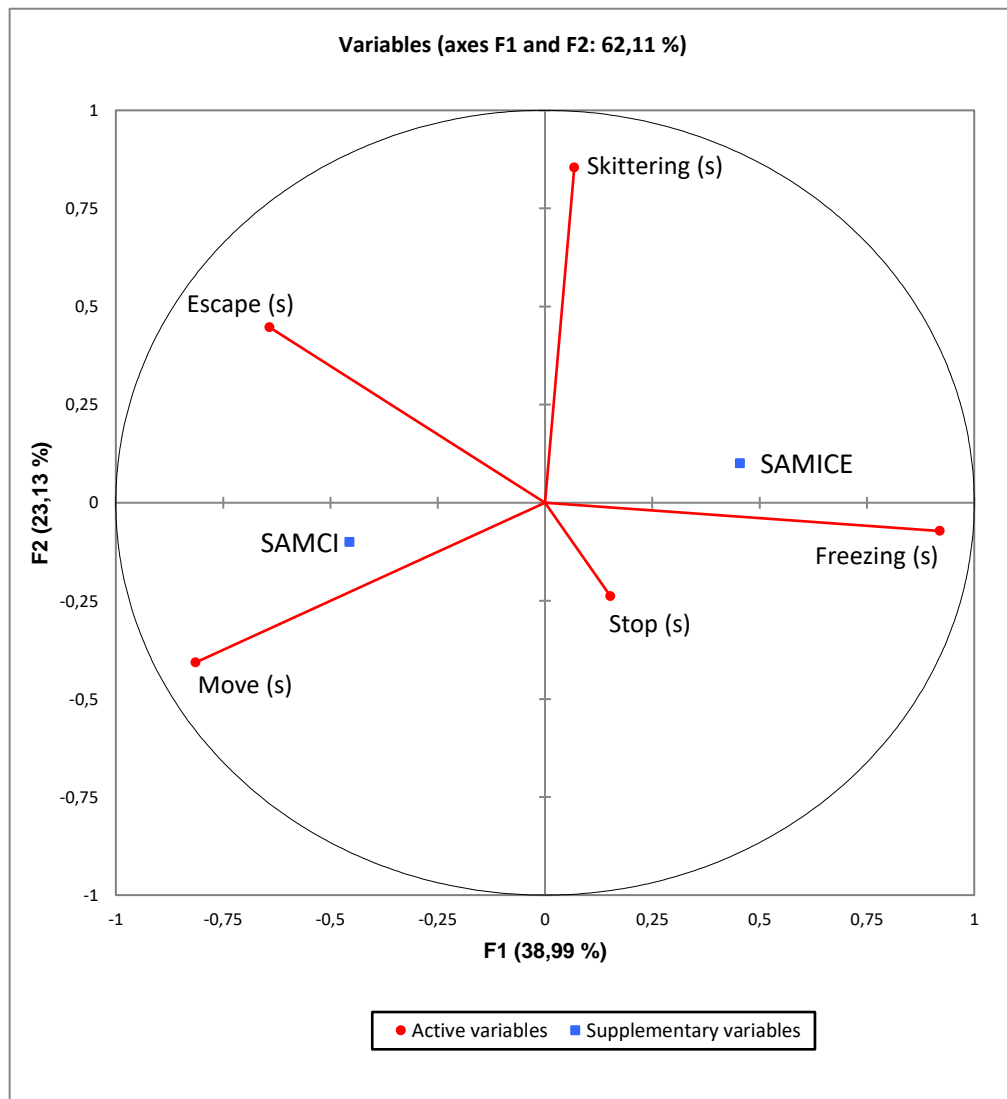
Chování	Pohlaví	Medián	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
MOVE	Samice	101	104	6	239
	Samci	169	165	6	271
STOP	Samice	45	51	0	251
	Samci	21	30	0	139
SKITTERING	Samice	6	17	0	273
	Samci	3	7	0	40
FREEZING	Samice	56	92	0	287
	Samci	0	36	0	294
ESCAPE	Samice	24	35	0	151
	Samci	54	62	0	184

U strnutí na dně byly naměřené hodnoty z důvodu menšího množství dat zvláště u samců velmi různorodé. U 31 měření z 60 se vyskytla nulová hodnota, u 5 měření bylo dosaženo času nad 100 s, 4 hodnoty převyšovaly 200 s a jedna z nich se blížila až ke 300 s. Samce, kteří trávili většinu testování nehybně na dně, můžeme považovat za bojácne shy jedince. Jejich strnulost ukazuje na vysokou míru stresu, až paralýzu. U samic jsou výsledky pravidelnější, avšak velmi rozptýlené. Hodnoty se pohybují od 0 (13 měření), až po hodnoty přesahující 200 s (11 měření).

Až dvojnásobných hodnot dosáhli samci při snahách uniknout z testovacího akvária (obr. č. 7). Nejvyšších hodnot dosáhla samice č. 6 (1. pokus, 151 s), samice č. 18 (1. pokus, 135 s) a samice č. 8 (3. pokus, 126 s). U samců byly naměřeny průměrné hodnoty dvakrát větší (tab. č. 2).

**Tabulka 3 Výsledky analýzy ANOVA, všechny sledované behaviorální projevy jsou statisticky průkazné. Všechny tyto projevy dohromady vysvětlují 47,3 % variability.**

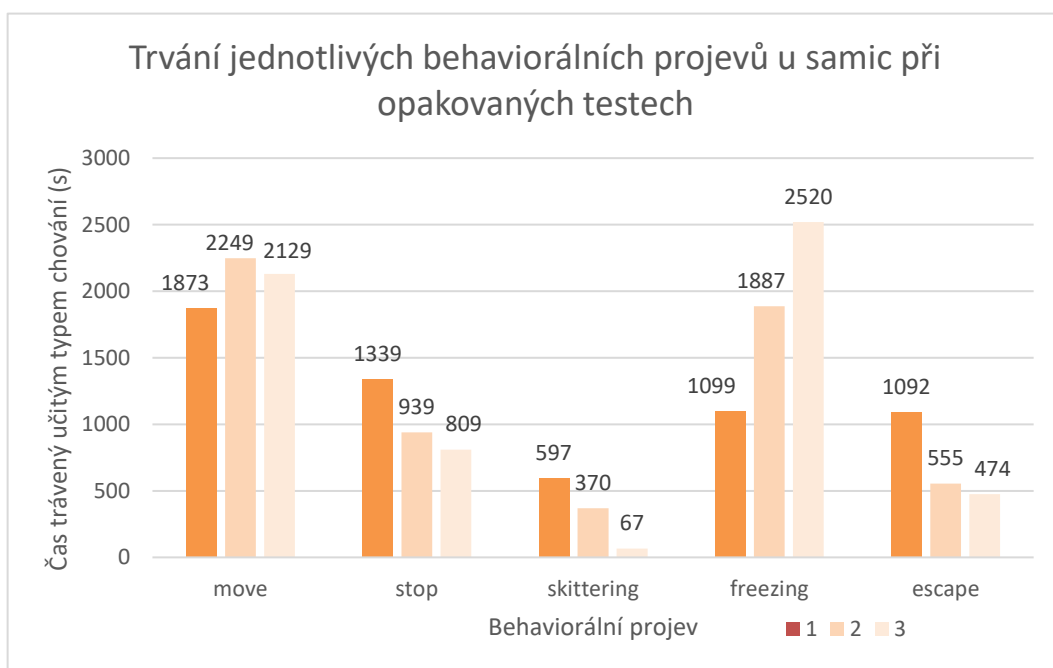
	Move	Stop	Skittering	Freezing	Escape
R2	0,184	0,065	0,033	0,107	0,084
F	26,605	8,257	4,042	14,124	10,753
p	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,005</b>	<b>0,047</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,001</b>
df	118	118	118	118	118



**Obrázek 8 PCA analýza aktivity samců a samic živoročky duhové v open field testu. Rychlé sekavé pohyby (skittering), strnutí na dně (freezing) a volné vznášení ve vodním sloupci (stop) je typické pro samice. Naopak samci se vyznačují tendencemi k únikům z nádrže (escape) a tráví více času během pokusu plaváním po nádrži (move).**

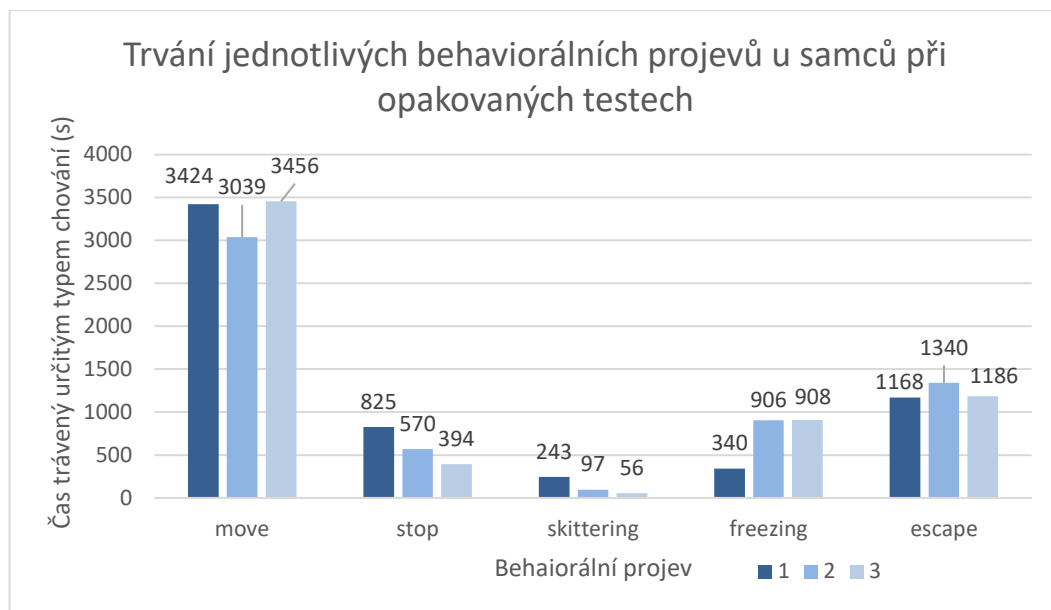
## 6.2. Rozdíly chování v čase

Při opakovaném testování samice trávily méně času setrváváním na místě a pokusy o únik z nádrže (obr. č. 9). Zkracování doby nehybnosti (stop) mohlo být způsobeno snížením míry stresu a přivyknutí rybiček na testovací arénu díky předchozím zkušenostem. Méně časté snahy o únik z nádrže můžeme přisuzovat eventuální rezignovanosti k prozkoumávání nového prostředí a celkového testování, či nižší míře stresu.



**Obrázek 9** Graf znázorňující trvání jednotlivých behaviorálních projevů u samic při 1. - 3. termínu experimentu

Aktivita samců v podobě trvání aktivního pohybu byla při prvním a třetím termínu experimentu vyšší v porovnání se druhým pokusem (obr. č. 10). Počet proplavaných čtverců se však s opakováním snižoval (obr. č. 14). Z těchto naměřených hodnot vyplývá, že samci při prvním testování prozkoumávali nové území rychleji, protože proplavali vyšší počet čtverců za kratší dobu než při třetím testování. Klidnější a pomalejší plavání v opakovaných testech můžeme přisoudit nižší míře stresu z již dříve prozkoumaného prostředí.



**Obrázek 10 Graf znázorňující trvání jednotlivých behaviorálních projevů u samců při 1. - 3. termínu experimentu**

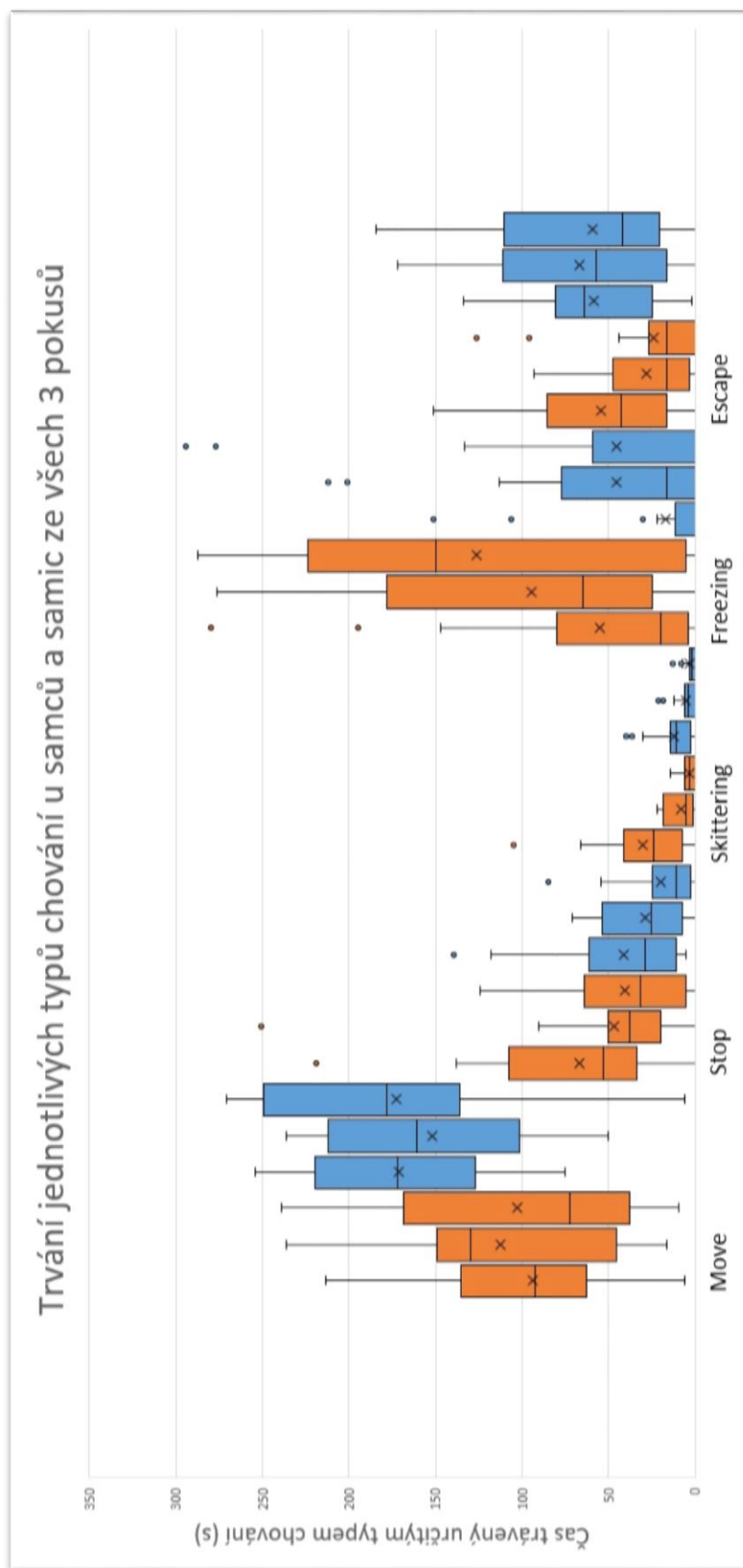
Tendence setrávat na místě (stop) s postupným opakováním u obou pohlaví klesala. Při druhém pokusu však většina samic trávila bez pohybu kratší čas a i maximální hodnoty dosahovaly nižších čísel v porovnání se zbývajícími dvěma pokusy (obr. č. 11). Porovnáme-li průměrné hodnoty času tráveného nehybným vznášením samic ve vodním sloupci, zůstane při opakovaných experimentech zachována klesající tendence (tab. č. 4).

Na rozdíl od volného vznášení ve vodním sloupci se hodnoty naměřené pro strnutí na dně u samic s opakovanými experimenty zvyšovaly (obr. č. 9 a 11). Freezing může být signalizací pro stresové chování či vysoký nezáměr prozkoumávat nové prostředí. Vzhledem k ostatním naměřeným hodnotám bychom se mohli přiklonit spíše ke druhé variantě. U samců byl při druhém a třetím experimentu výskyt strnutí na dně velmi podobný, v porovnání s prvním pokusem byly naměřeny vyšší hodnoty (obr. č. 10). Našly se ale i výjimky v podobě samce č. 4, 12 a 15 (při pokusech č. 3, 3 a 2), u nichž se čas trávený ležením u dna vyšplhal až na čtyřnásobek průměru.

Při prvním pokusu se samice pohybovaly rychlými sekavými pohyby nejvíce ze všech tří opakování, což může poukazovat na projev vysoké míry stresu z neznámého prostředí. Při druhém termínu experimentu se takto pohybovala samice č. 20 dokonce až 91 % z celkového času testování, čímž mnohokrát překročila průměrnou hodnotu (18,5 s) pro samice ve druhém pokusu. Celkové výsledky však poukazují na klesající tendenci tohoto typu chování a tím i na pravděpodobné snížení stresu a vyrovnanější projevy z neznámého prostředí.

Samice s opakovanými pokusy ztrácely snahu o uniknutí z akvária. Při prvním termínu experimentu jim narážení do stěn akvária vydrželo v průměru 18,2 % z celkového času testování, při druhém termínu to bylo již 9,25 % a při posledním už jen 7,9 % (tab. č. 4). U samců se hodnoty při druhém a třetím experimentu navýšily, nejvyšší průměr času tráveného chováním označeného jako escape byl dosažen při druhém experimentu, nešlo však o velký rozdíl. Spíše byly hodnoty vyrovnanější.





Obrázek 11 Graf znázorňující minima, maxima, medián a aritmetické průměry trvání jednotlivých behaviorálních projevů u samců a samic ze všech 3 experimentů, samci – modrá, samice – oranžová, vždy v pořadí od prvního ke třetímu opakování experimentu

**Tabulka 4 Hodnoty mediánů, minim, maxim a aritmetických průměrů k obr. č. 11**

Chování	Pohlaví	Experiment číslo	Medián	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
MOVE	Samice	1	92	93,65	6	213
		2	129,5	112,45	16	236
		3	85,5	106,45	9	239
	Samci	1	172	171,2	75	254
		2	160,5	151,95	50	236
		3	178	172,8	6	271
STOP	Samice	1	53	66,95	0	219
		2	38	46,95	0	251
		3	31,5	40,45	0	124
	Samci	1	28,5	41,25	5	139
		2	25	28,5	0	71
		3	11	19,7	0	85
SKITTERING	Samice	1	24	29,85	0	106
		2	4,5	18,5	0	273
		3	3	3,35	0	14
	Samci	1	10,5	12,15	0	40
		2	3,5	4,85	0	21
		3	2	2,8	0	13
FREEZING	Samice	1	19,5	54,95	0	280
		2	64,5	94,35	0	276
		3	150	126	0	287
	Samci	1	0	17	0	151
		2	16	45,3	0	212
		3	0	45,4	0	294
ESCAPE	Samice	1	42,5	54,6	0	151
		2	16,5	27,75	0	93
		3	16,5	23,7	0	126
	Samci	1	64	58,4	2	134
		2	57	67	0	172
		3	41,5	59,3	0	184

### 6.3. Korelace

Korelační matice obsahuje Pearsonovy korelační koeficienty vypočítané pro obě pohlaví ze všech 3 experimentů. Hodnoty blížící se 1 poukazují na nejpravděpodobnější vztah mezi porovnávanými behaviorálními projevy. Pokud se hodnota blíží +1, je mezi srovnávanými hodnotami pozitivní vztah (přímá úměra), v případě hodnoty blížící se -1 jde o úměru nepřímou.

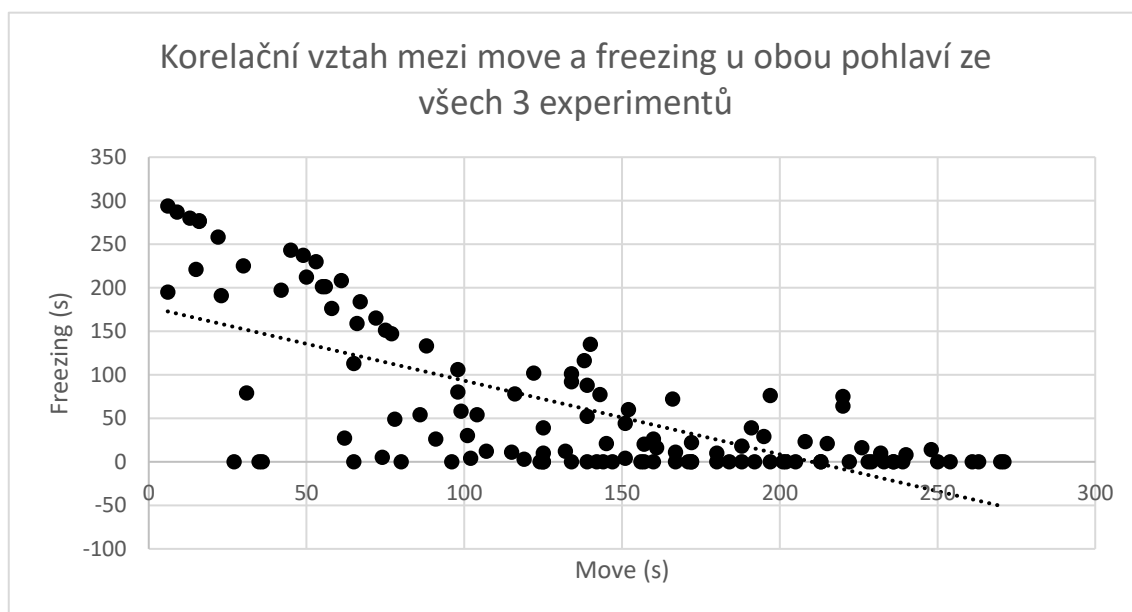
**Tabu Tabulka 5 Korelační matice pro obě pohlaví ze všech 3 opakování experimentů, vytvořeno pomocí programu IBM SPSS**

		move	stop	skittering	freezing	escape	mrskání	čtverce
move	Pearson Correlation	1	-,206*	-,253**	-,706**	,116	,243**	,550**
	Sig. (2-tailed)		,024	,005	,000	,207	,008	,000
	N	120	120	120	120	120	120	120
stop	Pearson Correlation	-,206*	1	-,037	-,183*	-,231*	-,099	-,276**
	Sig. (2-tailed)	,024		,691	,045	,011	,281	,002
	N	120	120	120	120	120	120	120
skittering	Pearson Correlation	-,253**	-,037	1	-,127	,028	,002	,048
	Sig. (2-tailed)	,005	,691		,166	,758	,983	,605
	N	120	120	120	120	120	120	120
freezing	Pearson Correlation	-,706**	-,183*	-,127	1	-,523**	-,336**	-,661**
	Sig. (2-tailed)	,000	,045	,166		,000	,000	,000
	N	120	120	120	120	120	120	120
escape	Pearson Correlation	,116	-,231*	,028	-,523**	1	,339**	,609**
	Sig. (2-tailed)	,207	,011	,758	,000		,000	,000
	N	120	120	120	120	120	120	120
mrskání	Pearson Correlation	,243**	-,099	,002	-,336**	,339**	1	,413**
	Sig. (2-tailed)	,008	,281	,983	,000	,000		,000
	N	120	120	120	120	120	120	120
čtverce	Pearson Correlation	,550**	-,276**	,048	-,661**	,609**	,413**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,002	,605	,000	,000	,000	
	N	120	120	120	120	120	120	120

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

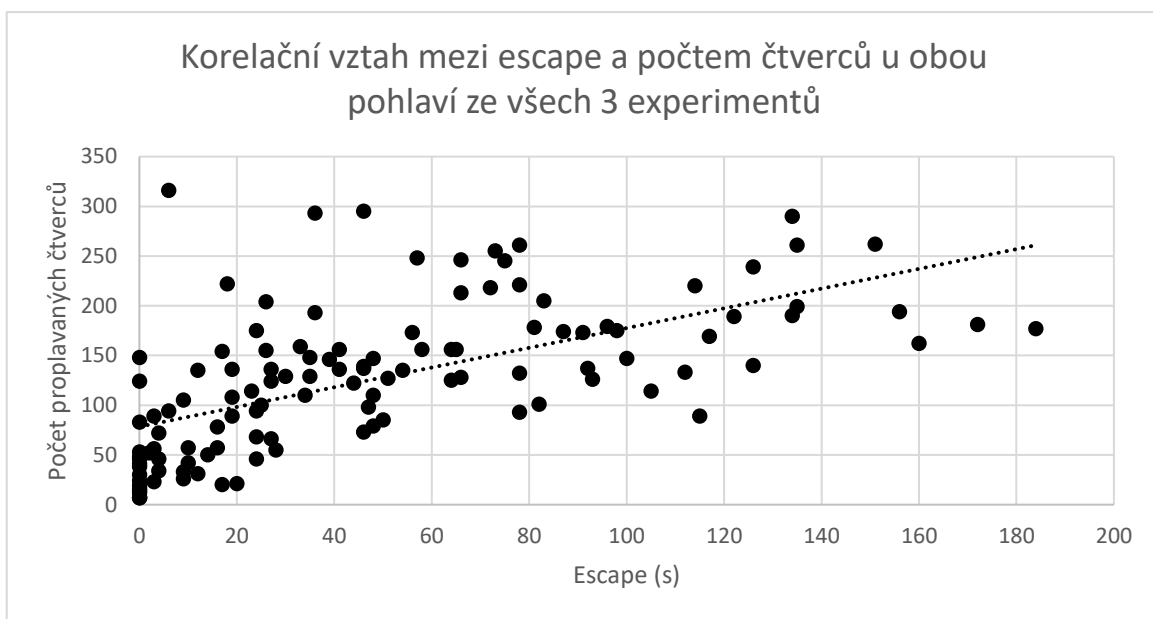
\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Statisticky nejvýznamnější korelační koeficienty mezi chováním samců a samic ze všech 3 opakování experimentu jsou v tabulce č. 5 barevně zvýrazněny. Nejpodstatnějším korelačním vztahem (obr. č. 12) je vztah mezi plaváním (move) a strnutím na dně (freezing). Strnutí na dně bylo typické spíše pro samice, které trávily nehybně na dně nádrže jen o 12 % méně času než plaváním. U samců byl rozdíl mezi dobou strávenou aktivním pohybem v porovnání s nehybným strnutím na dně výrazně vyšší. Samci trávili pohybem v nádrži o 78,3 % déle než strnutím na dně.



**Obrázek 12** Graf znázorňující negativní korelační vztah mezi časem stráveným strnutím na dně a časem stráveným plaváním u obou pohlaví ze všech experimentů

Při porovnání naměřených hodnot u obou pohlaví ze všech 3 experimentů poukazují výsledky na kladný korelační vztah mezi počtem proplavaných čtverců a pokusy o únik z testovací nádrže (obr. č. 13). Pokusy o únik projevující se narážením hlavou jedinců do skla akvária můžeme považovat za projev vysoké míry stresu. S tím souvisí vyšší počet proplavaných čtverců vzhledem k rychlému pohybu vystresované a zmatené ryby snažící se o uprchnutí z testovací arény.



**Obrázek 13** Graf znázorňující pozitivní korelační vztah mezi počtem proplavaných čtverců a pokusy o únik z nádrže u jedinců obou pohlaví ze všech 3 experimentů

**Tabulka 6 Korelační matice pro samice ze všech 3 opakování experimentů, vytvořeno pomocí programu IBM SPSS**

		move	stop	skittering	freezing	escape	mrskání	čtverce
move	Pearson Correlation	1	-,054	-,220	-,659**	,201	,155	,495**
	Sig. (2-tailed)		,684	,092	,000	,124	,238	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60
stop	Pearson Correlation	-,054	1	-,154	-,383**	-,115	,032	-,180
	Sig. (2-tailed)	,684		,242	,003	,380	,809	,168
	N	60	60	60	60	60	60	60
skittering	Pearson Correlation	-,220	-,154	1	-,247	,123	,091	,171
	Sig. (2-tailed)	,092	,242		,057	,349	,491	,190
	N	60	60	60	60	60	60	60
freezing	Pearson Correlation	-,659**	-,383**	-,247	1	-,548**	-,295*	-,588**
	Sig. (2-tailed)	,000	,003	,057		,000	,022	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60
escape	Pearson Correlation	,201	-,115	,123	-,548**	1	,314*	,635**
	Sig. (2-tailed)	,124	,380	,349	,000		,015	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60
mrskání	Pearson Correlation	,155	,032	,091	-,295*	,314*	1	,282*
	Sig. (2-tailed)	,238	,809	,491	,022	,015		,029
	N	60	60	60	60	60	60	60
čtverce	Pearson Correlation	,495**	-,180	,171	-,588**	,635**	,282*	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,168	,190	,000	,000	,029	
	N	60	60	60	60	60	60	60

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

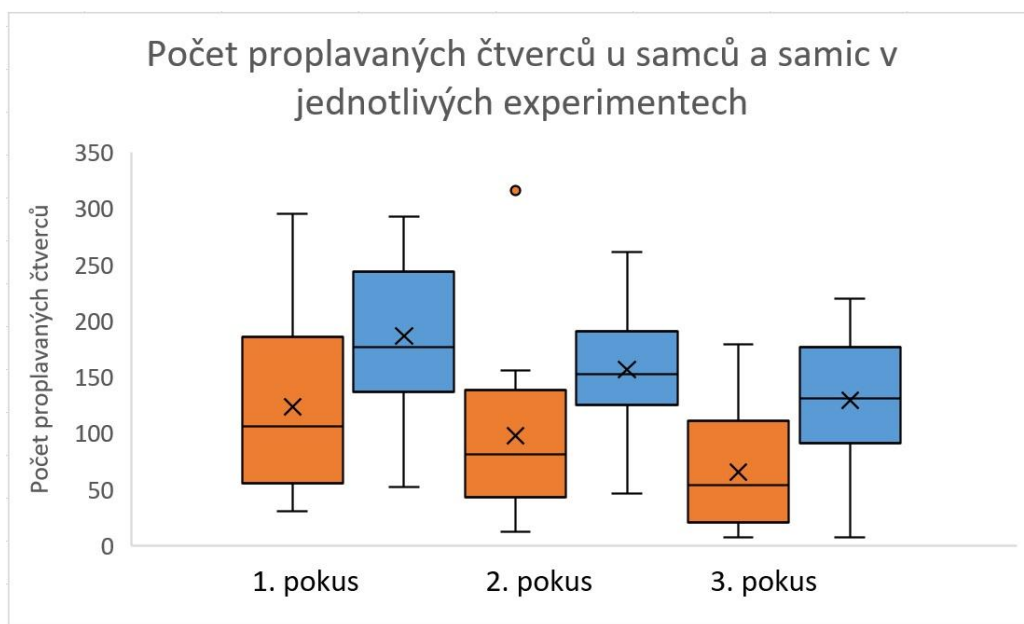
**Tabulka 7 Korelační matice pro samce ze všech 3 opakování experimentů, vytvořeno pomocí programu IBM SPSS**

		move	stop	skittering	freezing	escape	mrskání	čtverce
move	Pearson Correlation	1	-,212	-,297*	-,686**	-,177	,059	,404**
	Sig. (2-tailed)		,105	,021	,000	,177	,655	,001
	N	60	60	60	60	60	60	60
stop	Pearson Correlation	-,212	1	,357**	-,094	-,264*	-,061	-,223
	Sig. (2-tailed)	,105		,005	,476	,041	,642	,086
	N	60	60	60	60	60	60	60
skittering	Pearson Correlation	-,297*	,357**	1	-,052	,066	,104	,101
	Sig. (2-tailed)	,021	,005		,692	,617	,430	,445
	N	60	60	60	60	60	60	60
freezing	Pearson Correlation	-,686**	-,094	-,052	1	-,428**	-,203	-,654**
	Sig. (2-tailed)	,000	,476	,692		,001	,119	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60
escape	Pearson Correlation	-,177	-,264*	,066	-,428**	1	,228	,509**
	Sig. (2-tailed)	,177	,041	,617	,001		,080	,000
	N	60	60	60	60	60	60	60
mrskání	Pearson Correlation	,059	-,061	,104	-,203	,228	1	,339**
	Sig. (2-tailed)	,655	,642	,430	,119	,080		,008
	N	60	60	60	60	60	60	60
čtverce	Pearson Correlation	,404**	-,223	,101	-,654**	,509**	,339**	1
	Sig. (2-tailed)	,001	,086	,445	,000	,000	,008	
	N	60	60	60	60	60	60	60

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## 6.4. Aktivita testovaných jedinců



**Obrázek 14** Graf znázorňující mediány, aritmetické průměry, minimální a maximální hodnoty počtu proplavaných čtverců u samců a samic při opakovaných testech, oranžovou barvou jsou zobrazeny výsledky pro samice, modrou barvou pro samce

S postupným opakováním experimentů klesala snaha rybiček prozkoumávat nové prostředí, což mohlo být způsobeno ztrátou zájmu o již v minulosti poznané území. Aktivita samců byla vyšší v porovnání s aktivitou samic, v průběhu experimentů byla sledována klesající tendence. U samic byl průběh v čase obdobný (obr. č. 14).

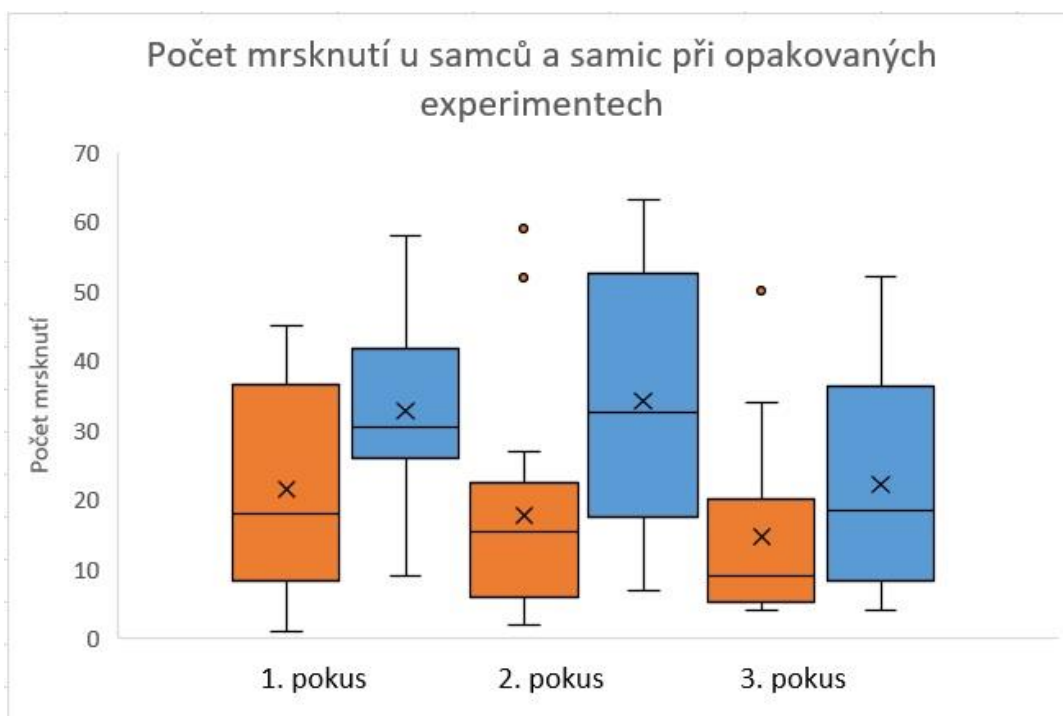
**Tabulka 8** Počet proplavaných čtverců ze všech 3 experimentů

Pořadí experimentu	Pohlaví	Medián	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
1. pokus	Samice	106	124	30	295
	Samci	177	186	52	293
2. pokus	Samice	81	98	12	316
	Samci	152	157	46	261
3. pokus	Samice	54	65	7	179
	Samci	131	129	7	220

Někteří jedinci s aktivním prozkoumáváním vyčkávali. U samic byl častější výskyt počátečního váhání k aktivnímu plavání, tzv. latence. V prvním pokusu se latence objevila u 8 samic, v dalším experimentu u 4, a nakonec už jen u 3 samic. Maximální doba před vyplaváním k průzkumu akvária byla 248 s. Samci většinou po vložení do testovací nádrže začali ihned aktivně plavat, latence se ze všech experimentů vyskytla jen u 4 samců, šlo spíše o výjimky.



## 6.5. Predátor test



**Obrázek 15** Graf znázorňující mediány, aritmetické průměry, minimální a maximální hodnoty počtu mrsknutí v síťce u obou pohlaví při opakovaných testech, oranžovou barvou jsou zobrazeny výsledky pro samice, modrou barvou pro samce

Při prvním pokusu se samice bránily více než v opakovaných testech. Mediány a průměrné hodnoty u samic s každým opakováním klesaly (tab. č. 9), našlo se však několik samic, které tento klesající trend narušily vyšším počtem mrsknutí. Samci dosahovali celkově vyššího množství mrsknutí (obr. č. 15), obzvláště při druhém termínu experimentu, v němž se hodnoty oproti samicím z druhého opakování až zdvojnásobily. U samců se takto mohla projevit vyšší agresivita a snaha bránit se. Samice naopak bojácně rezignovaly.

**Tabulka 9** Počet mrsknutí v síťce u samců a samic ze všech 3 experimentů

Pořadí experimentu	Pohlaví	Medián	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
1. pokus	Samice	18	21,45	1	45
	Samci	30,5	32,75	9	58
2. pokus	Samice	15,5	17,8	2	59
	Samci	32,5	34,2	7	63
3. pokus	Samice	9	14,65	4	50
	Samci	18,5	22,25	4	52

## 7. Diskuze

Hypotéza, že samci budou oproti samicím mnohem více aktivní, se potvrdila. Ke stejnému závěru dospěl i Ruth (2014) u živorodek a Ward et al (2004) u koljušky tříostné (*Gasterosteus aculeatus*). V celkovém počtu proplavaných čtverců samci převýšili samice o 58 %. Nejaktivnějšími samci byli samci č. 26 a 38, kteří aktivně plavali 79 % a 77,6 % z celkového času experimentu. Celkově můžeme říct, že se samci vzhledem k výsledkům dají považovat za bold jedince. Naměřené hodnoty pro pohyb u samců vyšly statisticky průkazné a ve vztahu k pokusům o únik (escape) byla zjištěna pozitivní korelace. Irving & Brown (2013) shledali u samců vztah mezi odvahou, aktivitou, a navíc i sociabilitou, stejně tak jako u samců koljušky tříostné (*Gasterosteus aculeatus*) (Bell & Stamps 2004; Bell 2005).

I mezi samicemi se vyskytly rybičky, které bych zařadila mezi odvážné. Nejaktivnější byla samice č. 14, která trávila plaváním (move) v průměru ze všech tří opakování 65 % času (213 s, 139 s a 239 s). U ostatních samic převažovaly spíše jiné typy projevů (stop, freezing či skittering). Při opakovaných experimentech se potvrdila má hypotéza ohledně snižování počtu proplavaných čtverců u obou pohlaví, což bylo prokázáno i v experimentu testující aktivitu samců živorodky duhové (Warren & Callaghan 1976).

Dalším ukazatelem na to, že se samci převážně projevovali jako odvážní, až agresivní, je fakt, že je pro ně charakteristický výskyt delšího trvání snah o únik z testovacího akvária (escape). Mediány mají v opakovaných pokusech klesající tendenci (21 %, 19 %, 14 %), což může být následek na přivyknutí neznámému prostředí a projevu nižší míry stresu. Podobný trend mají i hodnoty naměřené pro samice, u nichž se snižují průměrné hodnoty a medián ve druhém a třetím opakování (medián se snížil ze 42,5 s v prvním pokusu na 12,5 s ve druhém pokusu).

Odvahu samců dokazují i výsledky predátor testu, v němž byly samci v porovnání se samicemi agresivnější. Jejich aktivita a bojovnost může souviset s chováním při námluvách, při němž samci před samicemi dokazují svou odvalu a schopnost přežití s cílem zvýšit šance na kopulaci. S opakováním experimentu se tendence bránit se u obou pohlaví snižovaly. Pravděpodobně si rybičky na dříve prožitou zkušenost přivykly.

Série rychlých sekavých pohybů (skittering) považovaný za projev bojácnosti a vysoké míry stresu byl charakteristický především pro samice, u nichž hodnoty mediánu v prvním pokusu dosahovaly více než dvojnásobku oproti samcům (8 % z celkového času pro samice,

3,5 % pro samce). Pravděpodobně v důsledku přivyknutí na testovací nádrž se hodnoty při opakování u obou pohlaví snižovaly.

Velice charakteristický projev samic na nové prostředí bylo strnutí na dně (freezing), které je projevem vysoké míry stresu či nezájmu o poznávání nového prostoru, a je považováno za chování typické pro bojácné shy jedince. Pro samice bylo statisticky prokázáno pomocí PCA analýzy. Při opakování behaviorálních testů se hodnoty u samic zvyšovaly, což mohlo být důsledkem nezájmu o prozkoumávání nového prostředí či zvyšování stresu. U rychlých sekavých pohybů (skittering), snah o únik z nádrže (escape) a nehybného vznášení ve vodním sloupci (stop) byla s opakováním prokázána klesající tendence poukazující pravděpodobně na snižování stresu. Freezing by tedy mohl být považován spíše za odraz nezájmu o exploraci než za stresovou reakci. Mezi strnutím na dně a plaváním byla u obou pohlaví shledána negativní korelace, což potvrzují i výsledky jiných autorů (Budaev 1997; Burns 2008).

Nehybné počínání rybiček v průběhu experimentu (stop) představuje behaviorální projev jedinců, kteří nemají vysoké ambice k prozkoumávání neznámého prostředí, či jsou pod působením stresu (shy jedinci). U samic dosahovaly celkové hodnoty ze všech tří pokusů o 72,5 % výše než u samců. V opakovaných testech se čas trávený nehybným vznášením ve vodním sloupci snižoval.

Na aktivitu jedinců a jejich behaviorální projevy mohla mít vliv i denní doba testování. Vzhledem k náhodnému pořadí testování živorodek však nedocházelo k tomu, že by konkrétní rybička byla testována vždy odpoledne či dopoledne. Rybičky byly krmeny pravidelně každý večer. Je ale možné, že jedinci testovaní v ranních hodinách byli více najedení a klidnější než rybičky testované až v odpoledních hodinách, které už mohly být hladovější, a projevovaly se agresivněji. Vliv teploty na intenzitu explorační aktivity můžeme vzhledem k udržování teploty vody na 24 °C vyloučit (Weetman et al. 1998).

Za celkově odvážnější bych označila samce, kteří dosahovali vyšší pohybové aktivity a více se snažili o únik. Tyto pokusy o osvobození z nádrže by se daly považovat za projevy agresivity. Vyšší odvahu samců u živorodek shledal i Harris et al. (2010) a Brown et al. (2007) u gambusenky síťované (*Brachyrhaphis episcopi*). Díky odvaze a snaze prozkoumávat nové lokality se můžou jedinci šířit, osídlovat nová území a vzbuzovat pozornost u jedinců opačného pohlaví (Godin & Dugatkin 1996). Dle Smitha & Blumsteina (2010) jsou aktivnější, odvážnější a průzkumu přístupnější jedinci schopni přežít při vystavení predátorovi delší dobu, než bojácné a neaktivní rybičky. Vliv na odvahu může

mít i přítomnost jedinců stejného druhu – sociabilita (Irving & Brown 2013) či teplota vody (Weetman et al. 1998). Samice byly dle mých výsledků experimentu méně aktivní a bojácnější, což potvrzují i Irving & Brown (2013). Za shy byly označeny i v mé předchozí práci (Kvasničková 2014). Nehybným vznášením ve vodním sloupci totiž trávily až 75 % celkového času testování. V průběhu experimentu byly více pasivní nebo plavaly sekavými zmatenými pohyby (skittering). Na rozdíl od nich se samci projevovali výrazně aktivněji a pokoušeli se uniknout z testovací arény (escape). Výsledky pilotní studie z bakalářské práce jsou srovnatelné s vyhodnocením behaviorálních projevů živorodek z diplomové práce.

## Závěr

Živorodka duhová (*Poecilia reticulata*) je v experimentech zkoumajících personalitu ryb v závislosti na jednotlivých behaviorálních projevech jedním z nejčastěji testovaných druhů. Její osobnostní rysy jsou testovány pomocí různých typů experimentů. Mezi nejprůkaznější způsoby vyhodnocování odvahy, aktivity a průbojnosti patří bezpochyby open field test, při němž je zaznamenáváno trvání jednotlivých behaviorálních projevů – latence k pohybu, aktivní plavání v nádrži (doba pohybu a počet proplavaných čtverců), strnutí u dna, volné vznášení ve vodním sloupci, pokusy o únik z nádrže a rychlé sekavé pohyby. Často jsou využívány i experimenty, při nichž jsou jedinci vystaveni přítomnosti predátora. Odvaha se vyhodnocuje na základě latence prvního přiblížení k predátorovi, počtu přiblížení na určitou vzdálenost od predátora a doby trávené v jeho blízkosti. Ve většině případů se jedná pouze o jeho maketu. Někdy může být použita voda z domácího akvária predátora k působení chemického podnětu na testovanou rybkou, ale obvyklejší bývá optický podnět. Výjimečně se predátor umísťuje přímo k testovaným jedincům. Při zkoumání reakcí živorodek na neznámý předmět vkládaný do jejich domácího prostoru jsou vyhodnocovány podobné projevy jako u predátor testu. Zajímavé jsou experimenty, v nichž se porovnávají reakce jedinců z oblastí různých predačních tlaků. Mezi jednotlivými jedinci vyskytujícími se společně v hejnu může být zkoumáno vzájemné ovlivňování, koordinace a spolupráce.

Rozdíly v chování mezi pohlavími při open field testu i predátor testu byly velmi výrazné. Samci se projevovaly odvážněji, aktivněji a měli větší zájem zkoumat nové prostředí. Výsledky byly při srovnání s pilotní studií z bakalářské práce i s výsledky jiných autorů shodné. Většinu času experimentu samci aktivně plavali. Odvahu projevovali snahami o únik z akvária narážením do jeho stěn, a při testu napodobující reakci na predátora zachycením v síťce, byli oproti samicím aktivnější a vzpurnější. Samice byly na rozdíl od samců spíše pasivní. Převládalo u nich strnutí na dně nádrže, volné vznášení ve vodním sloupci, případně rychlé sekavé pohyby naznačující vysokou míru stresu. Při opakovaných experimentech klesala u obou pohlaví aktivita v podobě počtu proplavaných čtverců, z čehož můžeme usuzovat na snižování chuti prozkoumávat prostředí v již dřívějších pokusech poznané. Menší byl pravděpodobně i stres, vzhledem k tomu, že se snižoval čas trávený nehybně ve vodním sloupci, výskyt rychlých sekavých pohybů, i snah o únik z akvária.

Provedení experimentu a jeho následné vyhodnocení bylo sice časově náročné, ale troufám si říci, že mě obohatilo o spoustu zkušeností a dovedností. Naučila jsem se pracovat se statistickými programy a v porovnání s bakalářskou prací i důkladněji vyhodnocovat data. Věřím, že bude diplomová práce pěkným zakončením mého studia vysoké školy.

## Literatura

- Bell, A.M., 2005. Behavioural differences between individuals and two populations of stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Journal of evolutionary biology*, 18(2), pp.464–73.
- Bell, A.M. & Stamps, J.A., 2004. Development of behavioural differences between individuals and populations of sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *Animal Behaviour*, 68(6), pp.1339–1348. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1420-9101.2004.00817.x/pdf> [Accessed November 6, 2013].
- Brown, C., Jones, F., & Braithwaite, V.A., 2005. In situ examination of boldness–shyness traits in the tropical poeciliid, *Brachyrhaphis episcopi*. *Animal Behaviour*, 70(5), 1003-1009.
- Brown, C., Jones, F., & Braithwaite, V. A., 2007. Correlation between boldness and body mass in natural populations of the poeciliid *Brachyrhaphis episcopi*. *Journal of Fish Biology*, 71(6), 1590-1601.
- Brydges, N.M. et al., 2008. Habitat stability and predation pressure affect temperament behaviours in populations of three-spined sticklebacks. *The Journal of animal ecology*, 77, pp.229–235.
- Budaev, S., 2003. Habituation of predator inspection and boldness in the guppy (*Poecilia reticulata*). *Journal of Ichthyology*, 43, pp.243–246. Available at: <http://cogprints.org/5878> [Accessed November 1, 2013].
- Budaev, S. V., 1997. “Personality” in the guppy (*Poecilia reticulata*): A correlational study of exploratory behavior and social tendency. *Journal of Comparative Psychology*, 111(4), pp.399–411. Available at: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0735-7036.111.4.399>.
- Budaev, S. V., Zworykin, D.D. & Mochek, A.D., 1999. Consistency of individual differences in behaviour of the lion-headed cichlid, *Steatocranus casuarius*. *Behavioural Processes*, 48, pp.49–55.
- Burns, J.G., 2008. The validity of three tests of temperament in guppies (*Poecilia reticulata*). *Journal of comparative psychology (Washington, D.C. : 1983)*, 122(4), pp.344–56. Available at: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0735-7036.122.4.344>.
- Clément, R.J., Vicente-Page, J., Mann, R.P., Ward, A.J., Kurvers, R.H., Ramnarine, I.W., de Polavieja, G.G., Krause, J., 2017. Collective decision making in guppies: a cross-population comparison study in the wild. *Behavioral Ecology*, online in advance of print. <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/arx056>
- Croft, D. P., Morrell, L. J., Wade, A. S., Piyapong, C., Ioannou, C. C., Dyer, J. R., Chapman, B. B., Wong, Y., Krause, J., 2006. Predation risk as a driving force for sexual segregation: a cross-population comparison. *The American Naturalist*, 167(6), 867-878.
- Croft, D. P., Edenbrow, M., Darden, S. K., Ramnarine, I. W., van Oosterhout, C., & Cable, J., 2011. Effect of gyrodactylid ectoparasites on host behaviour and social network structure in guppies *Poecilia reticulata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(12), 2219-2227.

- Dingemanse, N. J., Both, C., Drent, P. J., van Oers, K., & van Noordwijk, A. J., 2002. Repeatability and heritability of exploratory behaviour in great tits from the wild. *Animal behaviour*, 64(6), 929-938
- Drent, P.J., van Oers, K. & van Noordwijk, A.J., 2003. Realized heritability of personalities in the great tit (*Parus major*). *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 270, pp.45-51.
- Dugatkin, L.A. & Alfieri, M.S., 2003. Boldness, behavioral inhibition and learning. *Ethology Ecology & Evolution*, 15(1), pp.43-49. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08927014.2003.9522689> [Accessed November 7, 2013].
- Farr, J., 1980. Social Behavior Patterns as Determinants of Reproductive Success in the Guppy, *Poecilia reticulata* Peters (Pisces: Poeciliidae): An Experimental Study of the Effects of Intermale Competition, Female Choice, and Sexual Selection. *Behaviour*, 74(1/2), 38-91. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4534052>
- Farr, J., 1975. The Role of Predation in the Evolution of Social Behavior of Natural Populations of the Guppy, *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). *Evolution*, 29(1), 151-158. doi:10.2307/2407148
- Frost, A.J. et al., 2007. Plasticity in animal personality traits: does prior experience alter the degree of boldness? *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 274(1608), pp.333-9. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1702388&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> [Accessed November 7, 2013].
- Godin, J.G. & Dugatkin, L.A., 1996. Female mating preference for bold males in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93(19), pp.10262-7. Available at: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.93.19.10262> [Accessed November 7, 2013].
- Hansen, L. T., & Berthelsen, H., 2000. The effect of environmental enrichment on the behaviour of caged rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 68(2), 163-178.
- Harris, S., Ramnarine, I.W., Smith, H.G., Pettersson, L.B., 2010. Picking personalities apart: Estimating the influence of predation, sex and body size on boldness in the guppy *Poecilia reticulata*. *Oikos*, 119(11), pp.1711-1718.
- Hasenjager, M. J., & Dugatkin, L. A., 2016. Familiarity affects network structure and information flow in guppy (*Poecilia reticulata*) shoals. *Behavioral Ecology*, arw152.
- Irving, E., & Brown, C., 2013. Examining the link between personality and laterality in a feral guppy *Poecilia reticulata* population. *Journal of fish biology*, 83(2), 311-325
- Krause, J., Loader, S. P., Kirkman, E., & Ruxton, G. D., 1999. Refuge use by fish as a function of body weight changes. *Acta ethologica*, 2(1), 29-34.



- Krause, J., & Ruxton, G. D., 2002. *Living in groups*. Oxford University Press.
- Kvasničková, K., 2014. *Personalita u ryb. Hradec Králové. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Mgr. et Mgr. Martina Karásková. 52s.*
- Lepš, J. *Biostatistika*. 1. vyd. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 1996. 166 s. ISBN 9788070401545.
- López, P., Hawlena, D., Polo, V., Amo, L., & Martín, J., 2005. Sources of individual shy–bold variations in antipredator behaviour of male Iberian rock lizards. *Animal Behaviour*, 69(1), 1-9.
- Magurran, A. E., Seghers, B. H., Carvalho, G. R., & Shaw, P. W., 1992. Behavioural consequences of an artificial introduction of guppies (*Poecilia reticulata*) in N. Trinidad: evidence for the evolution of anti-predator behaviour in the wild. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 248(1322), 117-122.
- Martin, J. G., & Réale, D., 2008. Temperament, risk assessment and habituation to novelty in eastern chipmunks, *Tamias striatus*. *Animal Behaviour*, 75(1), 309-318.
- Miller, K. A., Garner, J. P., & Mench, J. A., 2006. Is fearfulness a trait that can be measured with behavioural tests? A validation of four fear tests for Japanese quail. *Animal Behaviour*, 71(6), 1323-1334.
- Moretz, J.A., Martins, E.P. & Robison, B.D., 2007. Behavioral syndromes and the evolution of correlated behavior in zebrafish. *Behavioral Ecology*, 18, pp.556–562. Available at: <http://www.beheco.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/beheco/arm011>.
- Piyapong, C., Krause, J., Chapman, B.B., Ramnarine, I.W., Louca, V. & Croft, D.P., 2010. Sex matters: A social context to boldness in guppies (*Poecilia reticulata*). *Behavioral Ecology*, 21(1), pp.3–8.
- Punzo, F., & Alvarez, J., 2002. Effects of early contact with maternal parent on locomotor activity and exploratory behavior in spiderlings of *Hogna carolinensis* (Araneae: Lycosidae). *Journal of Insect Behavior*, 15(4), 455-465.
- Ruth Jean Ae Kim, 2014. Boldness and exploratory behavior of the guppy, *Poecilia reticulata*, in Moorea, French Polynesia. Integrative Biology. Student paper. Biology and Geomorphology of Tropical islands. University of California, Berkeley, California. Available at: <http://ib.berkeley.edu/moorea/student-papers.html>
- Shenoy, K., 2012. Environmentally realistic exposure to the herbicide atrazine alters some sexually selected traits in male guppies. *PLoS One*, 7(2), e30611.
- Schluessel, V. & Bleckmann, H., 2012. Spatial learning and memory retention in the grey bamboo shark (*Chiloscyllium griseum*). *Zoology (Jena, Germany)*, 115(6), pp.346–53.
- Sih, A., Bell, A. M., Johnson, J. C., & Ziemba, R. E., 2004. Behavioral syndromes: an integrative overview. *The quarterly review of biology*, 79(3), 241-277.
- Smith, B.R. & Blumstein, D.T., 2010. Behavioral types as predictors of survival in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). *Behavioral Ecology*, 21(5), pp.919–926.

- Smith, B.R. & Blumstein, D.T., 2010. Behavioral types as predictors of survival in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). *Behavioral Ecology*, 21(5), pp.919–926. Available at: <http://www.beheco.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/beheco/arq084>.
- Sneddon, L.U., 2003. The bold and the shy: individual differences in rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 62(4), pp.971–975. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1095-8649.2003.00084.x> [Accessed November 7, 2013].
- Templeton, C.N. & Shriner, W.M., 2004. Multiple selection pressures influence Trinidadian guppy (*Poecilia reticulata*) antipredator behavior. *Behavioral Ecology*, 15(4), pp.673–678.
- Vanesyan, A., Rodd, F. H., Ryu, W. S., 2015. Tracking the startle response of guppies *Poecilia reticulata* in three dimensions. *Journal of Biology*, 87, 981-999.
- Ward, A. J., Thomas, P., Hart, P. J., & Krause, J., 2004. Correlates of boldness in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55(6), 561-568.
- Warren, E.W. & Callaghan, S., 1976. The response of male guppies (*Poecilia reticulata*, Peters) to repeated exposure to an open field. *Behavioral Biology*, 513, pp.499–513.
- Webster, M. M., Ward, A. J. W., & Hart, P. J. B., 2007. Boldness is influenced by social context in threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Behaviour*, 144(3), 351-371.
- Weetman, D., Atkinson, D., & Chubb, J. C., 1998. Effects of temperature on anti-predator behaviour in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Animal behaviour*, 55(5), 1361-1372
- Wilson, D.S., Coleman, K., Clark, A.B., & Biederman L., 1993. Shy-bold continuum in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*): An ecological study of a psychological trait. *Journal of Comparative Psychology*, 107, pp.250–260.
- Wilson, A. D., Krause, S., James, R., Croft, D. P., Ramnarine, I. W., Borner, K. K., ... & Krause, J., 2014. Dynamic social networks in guppies (*Poecilia reticulata*). *Behavioral ecology and sociobiology*, 68(6), 915-925.

## Internetové zdroje

- Pecháček, L. 2001. Živorodka duhová: *Poecilia reticulata*. *RYBICKY.NET* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: [https://rybicky.net/atlasryb/zivorodka\\_duhova](https://rybicky.net/atlasryb/zivorodka_duhova)
- Froese, Rainer, Torres, Armi G., ed. *Poecilia reticulata*, Guppy. *FishBase* [online]. Philippines: FishBase Information and Research Group, ©2015 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.php?id=3228>

# Přílohy

Příloha 1 Testovací akvárium pro open field test (autor: Bc. Kateřina Kvasničková)

